

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



ANÁLISIS DEL VALOR EN RIESGO: UN ESTUDIO APLICADO AL MERCADO  
INTEGRADO LATINOAMERICANO (MILA)

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN ECONOMÍA

PRESENTA

DANIELA CHÁVEZ GUTIÉRREZ

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. LEOVARDO MATA MATA

## **Agradecimientos**

Mi parte preferida y la última en ser escrita.

Comienzo agradeciendo a Dios por brindarme las oportunidades que me han permitido llegar hasta aquí.

A Luz María y Otoniel, por hacerme sentir siempre amada, por enseñarme que siempre se puede llegar más lejos y por ser mi principal motivación. Este logro es fruto del trabajo que han dedicado a mí. Gracias, mamá y papá.

A José Ángel y Sofía, por ser mi lugar seguro y mis primeros mejores amigos y cómplices. Gracias, hermano y hermana.

A Cinthya y José Carlos, por ser mis segundos padres, por creer en mi potencial, aconsejarme siempre que lo necesito y hacerme sentir parte de su familia.

A Manuel, Wen, Daniel y Juan Pablo, por hacer mis primeros días en la universidad más divertidos y enseñarme que la amistad puede superar el tiempo y la distancia.

A María, Abigail y Valeria, por acompañarme siempre, permitirme crecer junto a ustedes y darme su amistad. Las admiro, llegarán muy lejos y espero estar ahí para acompañarlas.

Al CIDE, porque aunque nuestra relación de cuatro años fue complicada, me hizo aprender más allá de lo académico, desafiarme, conocer personas brillantes y descubrir lo que me apasiona.

Finalmente, agradezco a Luis Daniel; mi querido compañero. Gracias por toda tu paciencia, por darme ánimos cuando más lo necesitaba, por cada consejo y por nunca dejarme dudar de mi capacidad. Eres un hombre admirable, espero siempre contar con tu compañía.

## Resumen

Este trabajo analiza la adecuación de diferentes distribuciones para modelar los rendimientos bursátiles en mercados emergentes latinoamericanos. Con el índice S&P MILA Pacific Alliance Composite, que incluye acciones de Chile, Colombia, México y Perú. A partir de una muestra de 2581 observaciones de rendimientos diarios (2014-2024), esta tesis examina la hipótesis de que estos rendimientos no siguen una distribución normal. Para mostrar lo propuesto, se emplean pruebas estadísticas como Jarque-Bera y Kolmogorov-Smirnov, las cuales confirman la necesidad de considerar alternativas a la distribución normal, como la distribución lambda generalizada (GLD). El análisis de la tasa de fracaso del Valor en Riesgo (VaR) revela que la GLD ofrece una representación más precisa del riesgo asociado a estos mercados que la distribución normal. Los resultados sugieren que los modelos tradicionales subestiman el riesgo en estos contextos, lo cual destaca la importancia de usar modelos más complejos para capturar adecuadamente el riesgo inherente a los mercados emergentes. Este estudio contribuye a la literatura existente al ofrecer nuevas perspectivas sobre la modelización de rendimientos en mercados financieros latinoamericanos

## Índice

Introducción.....	1
Mercados Financieros.....	5
Mercados accionarios .....	7
Mercado Integrado Latinoamericano (MILA).....	8
Valor en Riesgo.....	11
Metodologías para el cálculo del Valor en Riesgo .....	12
Método Paramétrico (Varianza-Covarianza) .....	12
Simulación histórica. ....	12
Simulación Monte Carlo.....	12
Aplicación del VaR en Instituciones Financieras. ....	13
Limitaciones y críticas del Valor en Riesgo .....	13
Metodología.....	15
Resultados.....	17
Estadística descriptiva .....	17
Jarque Bera Test.....	18
Kolmogorov-Smirnov test .....	19
Tasa de fracaso del Valor en Riesgo (VaR) dentro de la muestra .....	20
Conclusión.....	22
Bibliografía.....	23

## Introducción

La gestión eficaz del riesgo financiero es fundamental para la estabilidad y el rendimiento óptimo de los mercados financieros. Entre los diversos mercados emergentes, el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA) presenta una oportunidad única para examinar la dinámica del riesgo y la rentabilidad en un contexto diversificado y en expansión. En la literatura económica y financiera, la precisión en la estimación de riesgos como el Valor en Riesgo (VaR) depende críticamente de la adecuación del modelo de distribución de probabilidad aplicado a los rendimientos financieros. Tradicionalmente, la distribución normal ha sido el *benchmark* para este propósito; sin embargo, numerosos estudios han puesto en duda su capacidad para capturar adecuadamente la estructura de los rendimientos financieros, particularmente en mercados caracterizados por volatilidades y asimetrías significativas.

Esta tesina busca investigar y comparar la adecuación de dos distribuciones de probabilidad alternativas a la normal para modelar los rendimientos diarios del MILA. Mediante un análisis empírico, se busca determinar cuál de estas distribuciones se ajusta mejor a los datos reales del mercado, considerando la presencia de eventos extremos y la asimetría en la distribución de los rendimientos. El estudio de estas distribuciones no solo es relevante para una comprensión teórica más profunda de la naturaleza de los rendimientos financieros, sino que también tiene implicaciones prácticas significativas en la implementación de medidas de riesgo financiero como el Valor en Riesgo.

Al desafiar la prevalencia de la hipótesis de normalidad en la modelización de riesgos financieros, esta investigación contribuye al cuerpo existente de conocimiento al ofrecer una perspectiva matizada y potencialmente más precisa sobre la gestión del riesgo en el MILA. Así, se espera que los hallazgos no solo enriquezcan al debate académico sobre la modelización de riesgos financieros, sino que también brinden herramientas útiles para los participantes del mercado en su toma de decisiones y estrategias de mitigación de riesgos. Este enfoque refleja la necesidad de adaptar las prácticas de gestión de riesgos a las características específicas de los mercados emergentes, subrayando la importancia de una selección adecuada del modelo en la evaluación y gestión del riesgo financiero.

En la literatura financiera es posible encontrar un interés constante en la búsqueda de distribuciones de probabilidad adecuadas para modelar los rendimientos de los índices de acciones, desafiando la suposición de normalidad previamente establecida. Canan G. Corlu, Melike Meterelliyoğ y Murat Tiniç,<sup>1</sup> cuestionan la hipótesis de normalidad, argumentando que falla en capturar características clave de los datos de rendimientos de acciones. Ellos proponen la distribución lambda generalizada (GLD) como una alternativa superior, destacando su utilidad en la representación de los retornos diarios de diversos índices y su aplicación en el cálculo del VaR. Además, en su estudio comparan diferentes alternativas de distribuciones de probabilidad utilizando índices bursátiles de mercados tanto desarrollados como emergentes. En ese sentido, Gray y French<sup>2</sup> profundizan en esta línea de investigación, comparando la distribución normal con modelos alternativos para los retornos del índice estadounidense 'S&P 500'. Así, los autores, destacan que la distribución exponencial es la que mejor refleja el comportamiento de los rendimientos diarios, de tal manera que reafirman la presencia de colas gruesas y picos más altos en los retornos del índice que lo que la distribución normal puede capturar. La investigación de Yohan Chalabi, David Scott y Diethelm Wurtz,<sup>3</sup> aporta al debate introduciendo métodos novedosos para ajustar la GLD a los datos financieros. En su análisis, los autores subrayan la flexibilidad de la GLD para modelar retornos con colas de ley de potencia, lo cual ofrece una mejora significativa sobre las distribuciones estables y la distribución t-Student para modelar rendimientos financieros. Por otro lado, Leidy Korin Cuadros Alarcón y Leider Antonio Narváez Semanate<sup>4</sup> centran su investigación específicamente en el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA) al evaluar el impacto del MILA en la diversificación de riesgos de mercado. Este análisis destaca cómo diferentes metodologías de cálculo del VaR reflejan la eficacia de la diversificación de inversiones a través del MILA. De

---

<sup>1</sup> Canan G. Corlu, Melike Meterelliyoğ, y Murat Tiniç, "Empirical Distributions of Daily Equity Index Returns: A Comparison," *Expert Systems with Applications* 54 (2016): 170-192, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.12.048>.

<sup>2</sup> J.B. Gray y D.W. French, "Empirical Comparisons of Distributional Models for Stock Index Returns," *Journal of Business Finance & Accounting* 17 (1990): 451-459.

<sup>3</sup> Yohan Chalabi, David Scott, y Diethelm Würtz, "The Generalized Lambda Distribution as an Alternative Model to Financial Returns" (Working Paper No. 2009-01, ETH Econophysics Working and White Papers Series, 2009), <https://www.rmetrics.org/WhitePapers>.

<sup>4</sup> Felipe Aparicio y Javier Estrada, "Empirical Distributions of Stock Returns: European Securities Markets, 1990-95" (Working Paper 97-23, Business Economics Series 02, Universidad Carlos III, Madrid, abril 1997).

la misma manera, Felipe Aparicio y Javier Estrada<sup>5</sup> examinan los mercados de valores europeos, rechazando la normalidad en los rendimientos diarios de las acciones y sugieren que la distribución t-escalada es una mejor alternativa. Este hallazgo subraya la inadecuación de la distribución normal para predecir la probabilidad de obtener rendimientos en intervalos específicos. Finalmente, Richard D. F. Harris y C. Coskun Küçüközmen<sup>6</sup> exploran distribuciones altamente flexibles, como la beta generalizada exponencial (EGB) y la t generalizada sesgada (SGT). Este estudio muestra que estas distribuciones alternativas ofrecen una mejora sustancial sobre la distribución normal para los retornos diarios, semanales y mensuales de las acciones en el Reino Unido y EE. UU. así como sus implicaciones para la implementación del VaR.

En conjunto, estas investigaciones resaltan una reevaluación crítica de la suposición de normalidad en los modelos financieros, apuntando el camino hacia la adopción de distribuciones más flexibles y adecuadas para capturar la complejidad de los mercados financieros y mejorar la precisión de la medición de riesgos. Así, este estudio tiene como objetivo hacer un análisis de dos diferentes distribuciones: la GLD y la distribución normal como *benchmark*. Las pruebas estadísticas para comprobar el ajuste de las funciones de probabilidad son de Kolmogorov-Smirnov (KS) y Jarque-Bera (JB). Asimismo, es aplicado una prueba de p-value para comprobar la significancia estadística de ambas pruebas. Adicional a esto, el análisis demuestra el poder explicativo de los modelos usando la tasa de fallo en el Valor en Riesgo observado. De tal manera que los resultados de este trabajo de investigación sean consistentes con investigaciones previas, pues rechazan la hipótesis de normalidad de los datos históricos de la muestra. Adicionalmente, las pruebas estadísticas sugieren que la función de probabilidad GLD es la que mejor se desempeña en el ajuste de los datos.

La organización de esta tesina es la siguiente: La primera sección introduce las definiciones de los mercados accionarios y del Mercado Integrado Latinoamericano. La segunda sección aborda el concepto de mercados accionarios, incluyendo el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA). La tercera sección explica el concepto del Valor en Riesgo así como

---

<sup>5</sup> Leidy Korin Cuadros y Leider Antonio Narváez, "Una aproximación al cálculo del VaR para las acciones del Mercado Integrado Latinoamericano (MILA) mediante metodologías paramétricas y no paramétricas" (tesis de maestría, Universidad EAFIT, 2015).

<sup>6</sup> Richard Harris y Coskun Küçüközmen, "The Empirical Distribution of UK and US Stock Returns," *Journal of Business Finance and Accounting* 28, no. 5-6 (2001): 715-740.

los métodos principales para su medición. La cuarta sección describe la metodología y datos utilizados para la investigación y finalmente, la quinta sección expone los resultados obtenidos y las conclusiones del estudio.



## **Mercados Financieros**

Los mercados financieros desempeñan un papel clave en la economía moderna, actuando como el motor que impulsa el crecimiento económico y la estabilidad financiera. Por esto es que su estudio y comprensión son fundamentales, ya que facilitan la interacción entre los agentes económicos. A través de estos mercados, los fondos se transfieren de hogares, empresas y gobiernos que cuentan con un excedente de capital a aquellos que enfrentan escasez y necesitan financiamiento con apetito de invertir o consumir. Estos mercados actúan como un puente entre los “ahorradores-prestamistas” y los “inversores-prestataarios”, lo cual facilita el flujo de capital a través de instrumentos financieros como bonos, acciones y otros valores.<sup>7</sup> Esta distribución de fondos es clave, ya que en una economía sin mercados financieros, los ahorros y oportunidades de inversión no necesariamente coinciden. Los individuos o agentes económicos que tienen capacidad de ahorro no siempre son los mismos que poseen oportunidades para invertir, con lo cual no es posible alcanzar un óptimo de distribución. La capacidad de los mercados financieros para promover la interacción entre estos dos grupos no solo mejora la eficiencia económica, sino que también impulsa el crecimiento a largo plazo, promoviendo un uso más efectivo de los recursos.

Asimismo, los mercados financieros son esenciales para la estabilidad económica, ya que permiten a los gobiernos, empresas y hogares acceder a los fondos necesarios para financiar proyectos que, de otro modo, no podrían realizarse. Por ejemplo, el gobierno puede financiar proyectos públicos por medio de la emisión de bonos gubernamentales, lo que le permite captar recursos de los ciudadanos “ahorradores-prestamistas” sin tener que esperar a acumular el capital necesario. Además, los mercados financieros contribuyen a la mejora del bienestar de los consumidores al proporcionarles acceso a crédito. Esto les permite adquirir bienes y servicios, como viviendas y automóviles, antes de haber ahorrado lo suficiente, lo cual facilita un consumo equilibrado a lo largo de su vida.

Los mercados financieros son esenciales no sólo para la inversión, sino también para la gestión del riesgo. Al permitir a los agentes económicos diversificar sus inversiones y cubrirse contra fluctuaciones inesperadas, estos mercados contribuyen a la estabilidad económica. Por

---

<sup>7</sup> Frederic Mishkin y Stanley Eakins, “Overview of the Financial System”, en *Financial Markets and Institutions*, 7ª ed. (Boston: Prentice Hall, 2011), 16-17.

ejemplo, a través de instrumentos financieros como los seguros y los derivados, los inversionistas pueden protegerse contra eventos adversos, asegurando así su capital y fomentando una mayor actividad económica.

Existen distintos tipos de mercados financieros, cada uno especializado en diferentes clases de activos y con distintos propósitos. Los mercados de deuda, por ejemplo, permiten a los gobiernos y empresas recaudar capital por medio de la emisión de bonos, que son comprados por inversores que buscan rentabilidad a través de intereses y cupones con riesgo moderado. Los mercados de divisas, por otro lado, son medios donde las monedas internacionales son intercambiadas, lo que es fundamental para el comercio internacional y la inversión entre naciones. Los mercados accionarios, comúnmente conocidos como mercados de valores, ofrecen una plataforma para que las empresas recauden capital por medio de la venta de acciones a inversores públicos, lo que a su vez proporciona una oportunidad de propiedad y de ganancias a los inversores con una mayor tolerancia al riesgo.

Las actividades dentro de estos mercados tienen un efecto directo en la riqueza de las personas, así como también en el comportamiento de negocios y consumidores.<sup>8</sup> Por ejemplo, un alza en los precios de las acciones puede aumentar la riqueza de los inversores, lo que lleva a un aumento en el gasto de consumo y en la inversión empresarial. Por el contrario, una caída en los mercados reduce la confianza de los consumidores y las empresas, por lo que frena el gasto y la inversión. Estas dinámicas tienen, a su vez, un impacto profundo en el desempeño general de la economía, influyendo en factores como el empleo, el crecimiento económico y la inflación.

---

<sup>8</sup> Mishkin y Eakins, *Financial Markets and Institutions*, 17.

## **Mercados accionarios**

Los mercados accionarios son un tipo de mercado financiero en los que se realizan transacciones de instrumentos financieros conocidos como “acciones”. Una *acción* representa una parte del capital contable de una corporación y otorga al dueño una parte proporcional de los derechos sobre las ganancias o activos del agente que las emite.<sup>9</sup> Este tipo de instrumento financiero juega un rol importante para los emisores de éstos pues les permiten captar el capital necesario para financiar sus actividades.

El proceso de emisión y venta de acciones no solo proporciona a los agentes el acceso a fondos y liquidez, sino que también permite a individuos y entidades tener la oportunidad de invertir en el crecimiento de estos agentes y, potencialmente, obtener retornos financieros a través del aumento en el valor de las acciones a corto, mediano o largo plazo, dependiendo del perfil del inversionista y su aversión al riesgo. Estos funcionan como un medio donde los participantes del mercado pueden ejecutar transacciones siguiendo la ley del mercado de valores y obtener o vender acciones que forman parte de instituciones financieras.<sup>10</sup>

Para que los mercados accionarios funcionen de manera eficiente y transparente, es indispensable la presencia de diversas instituciones financieras. Estas instituciones, como los bancos de inversión, las casas de bolsa y las agencias reguladoras, desempeñan un papel clave en la facilitación, supervisión y regulación de las transacciones financieras. Estos aseguran que el mercado sea justo para todos los participantes y ayudan a mitigar el riesgo de fraude y manipulación del mercado.

Además, estas instituciones contribuyen a la estabilidad del sistema financiero proporcionando servicios esenciales como la valoración de activos, la gestión de riesgos, así como la custodia y administración de las inversiones. Su función es vital para mantener la confianza de los inversionistas y el buen funcionamiento de los mercados financieros, lo que a su vez apoya el crecimiento económico y la innovación en la economía, como previamente se ha descrito.

---

<sup>9</sup> Mishkin y Eakins, *Financial Markets and Institutions*, 17.

<sup>10</sup> “Mercado de valores: ¿qué es y cómo funciona?,” GBM Academy, Grupo Bursátil Mexicano, 2 de enero, 2023, <https://gbm.com/academy/mercado-de-valores-que-es-y-como-funciona/#:~:text=En%20resumen%2C%20los%20mercados%20de,forman%20parte%20de%20instituciones%20financieras.>

## Mercado Integrado Latinoamericano (MILA)

En el contexto de los mercados accionarios, existe un tipo de integración o globalización bursátil conocido como “internacionalización de las bolsas”, un proceso que implica la fusión o integración de diferentes mercados bursátiles a nivel regional o global. Esta dinámica tiene como objetivo principal aumentar la participación en los mercados internacionales y minimizar la exposición a la competencia.<sup>11</sup> En este sentido, el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA) fue el primer mercado bursátil integrado en América Latina,<sup>12</sup> este acuerdo fue inicialmente firmado en el 2011 entre la Bolsa de Valores de Lima (BVL), la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) y la Bolsa de Comercio de Santiago (BCS).<sup>13</sup>

En julio de 2014, la inclusión de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) amplió aún más este esfuerzo integrador, lo que impulsó la creación de la familia de índices bursátiles S&P MILA Pacific Alliance, diseñados para medir el rendimiento de las acciones negociadas en este mercado integrado.<sup>14</sup>

En los últimos 10 años, este indicador ha tenido fluctuaciones importantes, debido a los cambios políticos, sociales y económicos de la región. Este hecho refuerza la necesidad de buscar métodos eficaces para hallar el VaR de los activos dentro de este índice, pues este cálculo puede brindar a los inversionistas mayor confianza y certeza sobre el horizonte de corto, mediano y largo plazo de los valores dentro de este conjunto de acciones.

---

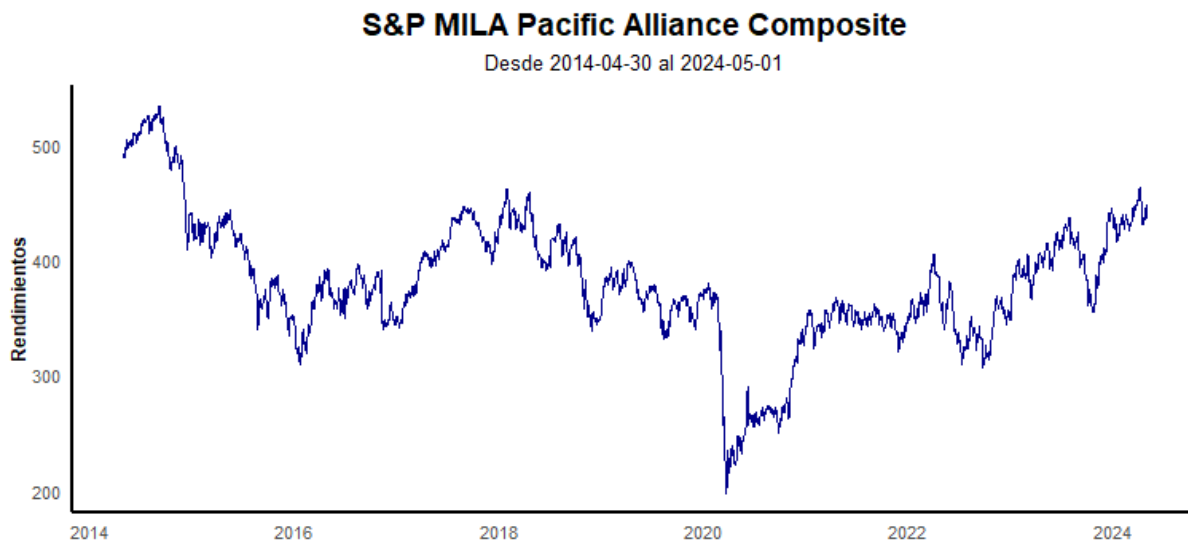
<sup>11</sup> Palomino, "El Mercado Integrado Latino Americano (MILA): Contexto, Hipótesis y Reflexiones", 121.

<sup>12</sup> Palomino, "El Mercado Integrado Latino Americano (MILA): Contexto, Hipótesis y Reflexiones", 124.

<sup>13</sup> Jorge Ortigón y Felipe Torres, "The Latin American Integrated Market, MILA. State of the Art," *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* 12, no. 23 (2016): 8.

<sup>14</sup> Ortigón y Torres, "The Latin American Integrated Market, MILA. State of the Art", 8.

Figura 1. Serie de tiempo del índice S&P MILA Pacific Alliance Composite 2014-2024 .



Fuente: Elaboración propia.

El acuerdo MILA contiene dos principales características. En primer lugar, todas las bolsas participantes en este acuerdo se benefician del crecimiento conjunto como un mercado integrado, lo que les permite aprovechar la complementación que existe entre ellas sin renunciar a su independencia y autonomía regulatoria. Esto es crucial, ya que permite a cada país mantener sus normativas y prácticas locales mientras se benefician de una mayor interacción y colaboración en el ámbito bursátil.<sup>15</sup>

En segundo lugar, todas las transacciones realizadas a través del MILA se efectúan en moneda nacional y con la intermediación de instituciones locales. Este aspecto facilita las operaciones internacionales, permitiendo que los inversionistas realicen transacciones sin la necesidad de salir de su país, lo que reduce la complejidad y el riesgo asociados con el comercio transfronterizo.<sup>16</sup> Esta estructura no solo promueve la confianza entre los inversionistas, sino

---

<sup>15</sup> Pérez Sosa, Gómez Hernández y Banda Ortiz, "El mercado integrado latinoamericano (MILA): ¿oportunidad para los fondos de pensiones mexicanos?," *Denarius: Revista de Economía y Administración* 69, no. 3 (2019): 103.

<sup>16</sup> Pérez Sosa, Gómez Hernández, y Banda Ortiz, "El mercado integrado latinoamericano (MILA)", 103.

que también contribuye a la estabilidad financiera de la región al limitar la exposición a la volatilidad del tipo de cambio.

El uso del MILA como objeto de estudio en esta tesina es para evaluar la distribución de los rendimientos y examinar la hipótesis de que estos no siguen una distribución normal. Pues no existe extensa literatura sobre estos mercados emergentes, a diferencia de los mercados norteamericanos o europeos, que han sido objeto de numerosos estudios y que representan características con más homogeneidad. De ahí que los mercados latinoamericanos permiten observar patrones que pueden ser únicos y diferentes a los de los mercados más consolidados de América del Norte o Europa. Al centrar el estudio en estos mercados emergentes, se busca contribuir a la literatura existente ofreciendo una perspectiva sobre las dinámicas financieras en un entorno en desarrollo.

## Valor en Riesgo

El Valor en Riesgo (VaR) es una medida estadística utilizada para cuantificar el riesgo financiero, particularmente el riesgo de mercado. Antes de definir qué es el Valor en Riesgo, es fundamental entender el concepto de riesgo, el es definido por Philippe Jorion como “la volatilidad de resultados inesperados, que pueden representar el valor de activos, *equity* o ganancias”.<sup>17</sup> En este contexto, el VaR es una herramienta cuantitativa que permite estimar la posible pérdida máxima que un portafolio de inversiones podría experimentar dentro de un horizonte de tiempo específico, bajo condiciones normales de mercado, y con un nivel de confianza determinado.<sup>18</sup> En términos simples, el VaR mide la magnitud de la pérdida que no se superará con un nivel de probabilidad determinado, ofreciendo así a los inversores una referencia clara para evaluar su exposición al riesgo.

Formalmente, el Valor en Riesgo es definido como el percentil inferior de la distribución proyectada de pérdidas y ganancias para un portafolio a lo largo de un horizonte temporal.<sup>19</sup> Por ejemplo, con un nivel de confianza del 95%, el VaR indicaría la pérdida que no será superada en el 95% de los casos, lo que implica que en el 5% restante, la pérdida podría exceder el VaR estimado. Esta medida proporciona una forma comprensible de comunicar el riesgo inherente a un portafolio, lo que ha llevado a su amplia adopción por parte de instituciones financieras y organismos reguladores.

El concepto de VaR fue introducido formalmente en el ámbito financiero por el banco de inversión estadounidense J.P Morgan en 1990 a través de su sistema *RiskMetrics*, el cual proporcionaba una metodología estructurada para el cálculo del VaR.<sup>20</sup> Históricamente, el desarrollo del VaR comenzó con los trabajos de Harry Markowitz en su trabajo sobre la optimización de portafolios de inversión en 1952, en el marco de la teoría “media-varianza”, que analiza la relación entre el riesgo y el retorno esperado de un portafolio.<sup>21</sup> Sin embargo, la innovación del VaR en el medio financiero radica en su capacidad para unificar y simplificar la medición del riesgo a través de diferentes activos y mercados financieros, considerando aspectos como la diversificación y apalancamiento. Tal como señala Jorion, el VaR ha evolucionado para

---

<sup>17</sup> Philippe Jorion, “The Need for Risk Management”, en *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 3<sup>rd</sup> ed. (New York: McGraw Hill, 2007), 3.

<sup>18</sup> Jorion, *Value at Risk*, 17.

<sup>19</sup> Jorion, *Value at Risk*, 17.

<sup>20</sup> Jorion, *Value at Risk*, 18.

<sup>21</sup> Jorion, *Value at Risk*, 17.

abarcar no solo el riesgo de mercado, sino también el riesgo crediticio, operativo y empresarial, en el contexto de una gestión integral del riesgo.<sup>22</sup>

### Metodologías para el cálculo del Valor en Riesgo

Existen tres metodologías principales para el cálculo del VaR: el método paramétrico o varianza-covarianza, la simulación histórica, y la simulación de Monte Carlo.<sup>23</sup> Cada uno de estos enfoques tiene ventajas y limitaciones, lo que implica que la elección del método dependerá de las características del portafolio y de los tipos de riesgo que se deseen evaluar. A continuación, el detalle de cada enfoque.

#### Método Paramétrico (Varianza-Covarianza)

Esta metodología asume que las distribuciones de los retornos de los activos siguen una distribución normal, permitiendo calcular el VaR utilizando las varianzas y covarianzas de los factores de riesgo.<sup>24</sup> El método es popular por su simplicidad y rapidez de cálculo. Sin embargo, dada la suposición de normalidad, ésta no siempre refleja la realidad de los mercados financieros, especialmente en situaciones de alta volatilidad o crisis financieras, donde los retornos suelen exhibir colas gruesas o asimetrías.

#### Simulación histórica.

Este método utiliza datos históricos de retornos para construir la distribución empírica de las pérdidas y ganancias. El VaR se calcula observando el percentil correspondiente a la confianza deseada en esta distribución.<sup>25</sup> La principal ventaja de este método es que no requiere asumir una distribución específica para los retornos de los activos, lo que lo hace más flexible. No obstante, la suposición de que el comportamiento histórico del mercado se mantendrá en el futuro puede limitar los resultados, dado que no siempre es cierto.

#### Simulación Monte Carlo.

Este método implica la generación de un gran número de escenarios posibles para los factores de riesgo por medio de técnicas de simulación estocástica. A partir de estos escenarios,

---

<sup>22</sup> Jorion, *Value at Risk*, 16.

<sup>23</sup> Pilar Abad, Carmen Lopez, y Sonia Benito, "A Comprehensive Review of Value at Risk Methodologies," *The Spanish Review of Financial Economics* 12 (2014): 16, <http://dx.doi.org/10.1016/j.srfe.2013.06.001>.

<sup>24</sup> Abad, Lopez, y Benito Muela, "A Comprehensive Review", 17.

<sup>25</sup> Abad, Lopez, y Benito Muela, "A Comprehensive Review", 16.



se puede estimar la distribución de los retornos y calcular el VaR.<sup>26</sup> Aunque es el método más flexible y preciso, también es más computacionalmente más costoso, lo que puede representar una barrera para su implementación en portafolios complejos o en instituciones con recursos tecnológicos limitados.

#### Aplicación del VaR en Instituciones Financieras.

El VaR ha sido adoptado por bancos comerciales, fondos de inversión y aseguradoras como herramienta clave en la gestión del riesgo de mercado. Uno de sus principales usos es establecer límites de riesgo dentro de las operaciones financieras. Los administradores de riesgo pueden utilizar el VaR para definir un umbral de pérdidas aceptable y, de este modo, imponer restricciones a las posiciones que los operadores pueden asumir. Esto ayuda a prevenir la toma de riesgos excesivos que puedan amenazar la estabilidad financiera de la institución.

Por ejemplo, un banco puede establecer que el VaR diario de su portafolio de *trading* no debe exceder un cierto monto, como 15 millones de dólares, con un nivel de confianza del 99%. Esto significa que, bajo condiciones normales de mercado, se espera que la pérdida diaria no supere los 15 millones de dólares el 99% de los días. Si el VaR del portafolio excede este umbral, podrían tomarse medidas correctivas para controlar el nivel de riesgo.

Adicionalmente, el VaR ha sido adoptado por los reguladores como una medida para supervisar la exposición al riesgo de las instituciones financieras. Bajo los Acuerdos de Basilea, por ejemplo, los bancos están obligados a reportar sus niveles de VaR a los reguladores y a mantener capital suficiente para cubrir potenciales pérdidas.<sup>27</sup> Esto ha promovido el desarrollo de sistemas de medición de riesgos más sofisticados y ha impulsado una mayor transparencia en la gestión de riesgos.

#### Limitaciones y críticas del Valor en Riesgo

A pesar de la adopción de esta metodología, el VaR ha sido objeto de diversas críticas. Una de las principales es su incapacidad para capturar adecuadamente el riesgo de cola, es decir, la probabilidad de eventos extremos que, aunque no suceden habitualmente, pueden generar pérdidas catastróficas. Dado que el VaR solo mide el percentil seleccionado de la distribución

---

<sup>26</sup> Abad, Lopez, y Benito Muela, "A Comprehensive Review," 17.

<sup>27</sup> Basel Committee on Banking Supervision, "Enhancing risk coverage" en *Basel III: A Global Regulatory Framework for More Resilient Banks and Banking Systems* (Basel: Bank for International Settlements, 2010), 3.

de pérdidas y ganancias, no proporciona información sobre el tamaño de las pérdidas en estos eventos extremos. Esto ha llevado al desarrollo de medidas complementarias, como el Valor en Riesgo Condicional (CVaR) o *Expected Shortfall* (ES), que están centradas en el valor esperado de las pérdidas en los peores escenarios posibles.

Otra limitación del VaR es que no constituye un pronóstico de la pérdida máxima posible, sino una estimación basada en un nivel de confianza determinado. En mercados volátiles o en situaciones de crisis financiera, es posible que las pérdidas excedan el VaR estimado, lo que pone en evidencia la necesidad de complementar el VaR con otras herramientas de gestión de riesgo, como las pruebas de estrés y análisis de escenarios.

## Metodología

Esta tesina, recopila y analiza datos del índice S&P MILA Pacific Alliance Composite, obteniendo una muestra de 2581 observaciones. Este índice mide el desempeño de todas las acciones incluidas en el S&P/BMV Total México Index, el S&P/BVL Peru General Index, el S&P/CLX IGPA Index y el S&P Colombia BMI, las cuales están listadas en el MILA. Este conjunto de índices representa de manera comprensiva los mercados de capitales de Chile, Colombia, México y Perú.

Las observaciones son rendimientos diarios de las acciones durante un período de diez años, que abarca desde abril de 2014 hasta abril de 2024. Para el análisis, se utilizaron rendimientos logarítmicos, los cuales se calcularon mediante la fórmula:

$$X_t = \log \left( \frac{R_t}{R_{t-1}} \right)$$

donde  $X_t$  representa los rendimientos en logaritmos y  $R_t$  el rendimiento del índice al cierre en el tiempo  $t$ . Esta transformación logarítmica se emplea comúnmente en finanzas para estabilizar la varianza y convertir los datos en una forma más adecuada para análisis estadísticos.

El primer lugar del análisis fue realizar una estadística descriptiva de los rendimientos del índice. Este análisis incluyó el cálculo de medidas como la media, mediana, desviación estándar, curtosis y asimetría, proporcionando una primera impresión de la distribución de los rendimientos. Este análisis inicial permite evaluar si una distribución normal podría ajustarse adecuadamente a los datos.

En segundo lugar, se aplicó la prueba de Jarque Bera utilizando el IDE (Entorno de desarrollo integrado, por sus siglas en inglés) Rstudio a través del lenguaje de programación R. Esta prueba estadística es una herramienta para determinar si una muestra de datos tiene una distribución normal. La prueba de Jarque Bera se basa en las medidas de curtosis y asimetría para evaluar la normalidad de los datos. Un valor significativo en esta prueba indicaría que los datos no siguen una distribución normal.

Posteriormente, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), una prueba no paramétrica utilizada para determinar si una muestra sigue una distribución específica o para comparar dos muestras entre sí. Existen dos variantes principales de esta prueba:

- **Prueba KS de una muestra:** compara la distribución de una muestra de datos con una distribución de referencia (por ejemplo, una distribución normal). En este caso, se utilizó para verificar la adecuación de los datos a una distribución normal.
- **Prueba KS de dos muestras:** compara las distribuciones de dos muestras diferentes para determinar si provienen de la misma distribución. Esta variante se utilizó para comparar los rendimientos observados con una distribución lambda generalizada (GLD), permitiendo evaluar si los rendimientos diarios de las acciones podrían ser mejor descritos por una GLD en lugar de una distribución normal. En este estudio, ambas variantes de la prueba KS se emplearon para determinar si los rendimientos provienen de una distribución normal y de una GLD, evaluando así la similitud de los rendimientos con ambas distribuciones.

Finalmente, se evaluó el poder explicativo de los modelos de distribución lambda generalizada (GLD) y de la distribución normal utilizando las tasas de fracaso del valor en riesgo (VaR) dentro de la muestra. El VaR es una medida utilizada en finanzas para evaluar el riesgo de pérdida de una inversión. Comparar las tasas de fracaso del VaR bajo ambas distribuciones permite determinar cuál de ellas proporciona una mejor modelización del riesgo asociado con los rendimientos diarios de las acciones.

## Resultados

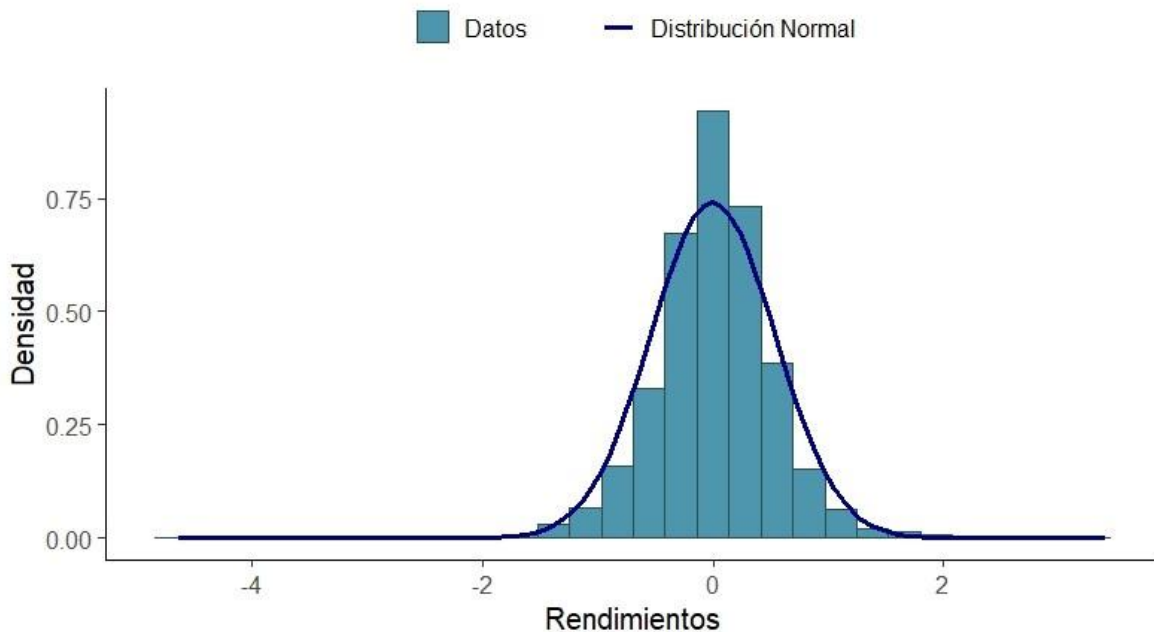
### Estadística descriptiva

El análisis estadístico descriptivo de los rendimientos revela varias características importantes de la muestra. La media de los rendimientos es de  $\approx -0.0017$ , lo que indica que, en promedio, los rendimientos diarios de las acciones son ligeramente negativos. El valor mínimo de los rendimientos es  $\approx -4.64$ , mientras que la mediana es  $\approx 0.0115$  y el valor máximo es  $\approx 3.402$ . Estos valores muestran una amplia dispersión en los rendimientos diarios, con algunos rendimientos extremadamente bajos y otros relativamente altos. Además, la curtosis de los rendimientos es 10.4898, lo que sugiere que la distribución de los datos tiene colas más gruesas que una distribución normal, indicando la presencia de valores extremos o outliers. La simetría es  $\approx -0.812$ , lo que señala que la distribución de los rendimientos está sesgada hacia la izquierda, es decir, hay una mayor frecuencia de rendimientos negativos extremos comparados con los positivos.

Los valores obtenidos contrastan significativamente con los que caracterizan a una distribución normal, que tendría una media y asimetría de cero y una curtosis de 3. Esto sugiere que los rendimientos no siguen una distribución normal. Esta desviación se puede visualizar en la Figura 1, donde se observa la distribución y la función de densidad de los rendimientos, proporcionando una representación gráfica de la distribución asimétrica y con colas gruesas de los datos.

Este análisis inicial indica que los rendimientos de las acciones en el índice S&P MILA Pacific Alliance Composite no se ajustan a una distribución normal, lo que justifica la necesidad de aplicar pruebas estadísticas adicionales y considerar otras distribuciones, como la distribución lambda generalizada (GLD), para modelar adecuadamente los rendimientos.

Figura 2. Comparación de la distribución normal con la distribución de los rendimientos



Fuente: Elaboración propia.

### Jarque Bera Test

El test de Jarque-Bera es una prueba estadística utilizada para determinar si una muestra de datos tiene una distribución normal. Específicamente, el test evalúa la similitud entre la distribución de los datos y una distribución normal ideal en términos de su asimetría y curtosis. Una distribución normal tiene una asimetría de cero, una asimetría positiva es un indicativo de una cola más larga a la derecha, mientras que valores negativos indican una cola más larga a la izquierda. La distribución normal tiene una curtosis de 3, valores mayores a éste indican una distribución leptocúrtica, mientras que valores menores a 3 indican una distribución más plana (platicúrtica). La prueba estadística se calcula de la siguiente manera:

$$JB = \frac{n}{6} (S^2 + \frac{1}{4} (K - 3)^2)$$

donde  $n$  es el número de observaciones,  $S$  es una medida de asimetría y  $K$  es una medida de curtosis.<sup>28</sup> La hipótesis nula del *test* ( $H_0$ ) establece que los datos siguen una distribución normal. Los resultados de realizar el *test* arrojaron un p-value  $< 2.2e-16$ , lo que quiere decir que la hipótesis nula puede ser rechazada con un alto grado de confianza.

#### Kolmogorov-Smirnov test

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) es una prueba estadística no paramétrica ampliamente utilizada para determinar si dos muestras independientes provienen de la misma distribución o si una muestra sigue una distribución específica teórica. Esta prueba se basa en medir la mayor diferencia absoluta entre las funciones de distribución acumulativa empíricas de las dos muestras o entre la muestra y la distribución teórica. El KS *test* es particularmente valioso porque no hace suposiciones sobre la forma de la distribución de los datos, lo que lo hace aplicable en diversas situaciones, desde pruebas de bondad de ajuste hasta análisis de homogeneidad. Es especialmente útil en contextos donde los datos no se ajustan bien a las distribuciones normales tradicionales. Según Massey, la sensibilidad del KS test permite detectar diferencias significativas en la distribución de los datos,<sup>29</sup> ofreciendo una herramienta robusta para la validación de modelos estadísticos y la comparación de distribuciones empíricas .

En primer lugar, se realizó una prueba Kolmogorov-Smirnov (KS) utilizando dos submuestras de los datos originales. El valor p obtenido fue de 0.5011, lo cual indica que no hay evidencia significativa para afirmar que las distribuciones de las dos submuestras son diferentes. En otras palabras, los resultados sugieren que las dos submuestras podrían haber sido extraídas de la misma distribución.

A continuación, se realizó la prueba KS comparando la muestra completa con una muestra generada a partir de una distribución normal (valores aleatorios). El valor p resultante fue menor a  $2.2e-16$ , lo que indica que se rechaza la hipótesis nula con un alto grado de confianza. La hipótesis nula para la prueba KS es que las dos muestras provienen de la misma distribución.

---

<sup>28</sup> Omar André de la Sota Rodríguez "Momentos muestrales y el Test de Jarque-Bera: Trabajo Final de Cálculo Numérico," *RPubs*, publicado el 5 de enero de 2023, <https://rpubs.com/aozoro/JarqueBera>.

<sup>29</sup> Frank J. Massey, "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit," *Journal of the American Statistical Association* 46, no. 253 (1951): 68.

Por lo tanto, los resultados indican que hay evidencia significativa para concluir que las dos muestras provienen de distribuciones diferentes.

Finalmente, se comparó la muestra completa con una muestra que representa la distribución Generalized Lambda Distribution (GLD). El valor p obtenido fue de 0.4456, lo que sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto implica que la GLD puede representar mejor la distribución de los datos.

Tasa de fracaso del Valor en Riesgo (VaR) dentro de la muestra

La tasa de fracaso del VaR es una medida utilizada para evaluar la precisión y efectividad de los modelos de estimación de riesgo financiero. Se define como la proporción de observaciones en una muestra que registran pérdidas superiores a la estimación del VaR.<sup>30</sup> Un modelo VaR es considerado efectivo si la tasa de fracaso observada se aproxima a la tasa de fracaso esperada, que suele ser un valor determinado basado en el nivel de confianza establecido, por ejemplo, el 5% para un nivel de confianza del 95%. La tasa de fracaso del 5% implica que, bajo condiciones normales de mercado, se anticipa que el 5% de las ocasiones las pérdidas superarán la estimación del VaR.

Para este análisis, se llevaron a cabo los siguientes pasos: primero, se ajustaron las distribuciones GLD y normal a los datos observados. Luego, se calculó el VaR para cada una de las distribuciones. A continuación, se contaron las excepciones, es decir, el número de veces que las pérdidas reales superaron la estimación del VaR para cada modelo. Finalmente, se calcularon las tasas de fracaso dividiendo el número de excepciones por el total de observaciones, proporcionando así una medida de la efectividad de los modelos de VaR en la medición del riesgo. A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de las tasas de fracaso del VaR para la muestra analizada.

---

<sup>30</sup> Yuling Wang, Yunshuang Xiang, y Huan Zhang, "Comparison and Forecasting of VaR Models for Measuring Financial Risk: Evidence from China," *Discrete Dynamics in Nature and Society* 1 (2022): 2, <https://doi.org/10.1155/2022/5510721>.



Tabla 1. Resultados de la estimación de la tasa de fracaso del VaR

Tasa de fracaso	
Distribución GLD	0.05
Distribución Normal	0.04534884
Tasa de fracaso esperada	0.05

Fuente: Elaboración propia.

La tasa de fracaso del GLD es de 0.05, lo que indica que el 5% de las observaciones en la muestra presentaron pérdidas que superaron la estimación el VaR calculado. Este resultado coincide con la tasa de fracaso esperada del 5%, lo que indica que la estimación del riesgo utilizando esta distribución es precisa para un nivel de confianza del 95%.

En contraste, la tasa de fracaso utilizando la distribución normal es aproximadamente 0.0453, lo que indica que alrededor del 4.53% de las observaciones excedieron la estimación del VaR calculada utilizando esta distribución. Este valor es inferior a la tasa de fracaso esperada del 5%, lo que sugiere que la distribución normal puede estar subestimando el riesgo. Esta discrepancia resalta la importancia de considerar las características específicas de los datos al seleccionar el modelo adecuado para la estimación del VaR.

## **Conclusión**

El presente trabajo ha profundizado en el análisis de los rendimientos bursátiles en los mercados de valores de Chile, Colombia, México y Perú , utilizando como referencia el índice S&P MILA Pacific Alliance Composite. A partir de los resultados obtenidos, es posible afirmar que los rendimientos no siguen una distribución normal, lo cual fue corroborado mediante las pruebas de Jarque-Bera y Kolmogorov-Smirnov. Esto subraya la importancia de recurrir a distribuciones alternativas, como la distribución lambda generalizada (GLD), para modelar de manera más adecuada los rendimientos en estos mercados.

El análisis de la tasa de fracaso del VaR sugiere que la utilización de la distribución GLD proporciona una representación más precisa del riesgo asociado a los rendimientos diarios, en comparación con la distribución normal. La tasa de fracaso observada con la distribución GLD coincidió con la tasa de fracaso esperada, lo que sugiere que este enfoque es más eficaz para capturar características extremas de los datos, tales como colas gruesas y asimetría. En contraste, la estimación basada en la distribución normal tiende a subestimar el riesgo, lo que podría llevar a decisiones de inversión y gestión del riesgo inadecuadas en estos mercados.

El uso de metodologías como la simulación histórica y la simulación de Monte Carlo podría complementarse con futuros estudios, permitiendo una comparación más robusta de las técnicas de estimación de VaR en distintos escenarios de riesgo. Además se sugiere la implementación de herramientas adicionales, como el Valor en Riesgo Condicional (CVaR), para mejorar la evaluación del riesgo en eventos extremos.

En conclusión, el estudio ha contribuido al entendimiento de la dinámica de los mercados financieros emergentes en América Latina, destacando la importancia de emplear modelos más complejos y ajustados a las características particulares de estos mercados. La distribución GLD ha demostrado ser una herramienta útil para capturar de manera más precisa el riesgo inherente a los rendimientos accionarios en estos mercados, brindando una perspectiva relevante para los inversionistas y gestores de riesgo.

## Bibliografía

- Abad, Pilar, Carmen Lopez, y Sonia Benito Muela. "A Comprehensive Review of Value at Risk Methodologies." *The Spanish Review of Financial Economics*, 12 (2014): 15–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.srfe.2013.06.001>.
- Aparicio, Felipe, y Javier Estrada. "Empirical Distributions of Stock Returns: European Securities Markets, 1990-95." Working Paper 97-23, Business Economics Series 02, Universidad Carlos III, Madrid, abril 1997.
- Basel Committee on Banking Supervision. "Enhancing risk coverage". En *Basel III: A Global Regulatory Framework for More Resilient Banks and Banking Systems*, 1-69. Basel: Bank for International Settlements, 2010.
- Chalabi, Yohan, David Scott, y Diethelm Würtz. "The Generalized Lambda Distribution as an Alternative Model to Financial Returns." Working Paper No. 2009-01, ETH Econophysics Working and White Papers Series, 2009. <https://www.rmetrics.org/WhitePapers>.
- Corlu, Canan G., Melike Meterelliyoç, y Murat Tiniç. "Empirical Distributions of Daily Equity Index Returns: A Comparison." *Expert Systems with Applications* 54 (2016): 170-192. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.12.048>.
- Cuadros, Leidy Korin y Leider Antonio Narváez. "Una aproximación al cálculo del VaR para las acciones del Mercado Integrado Latinoamericano (MILA) mediante metodologías paramétricas y no paramétricas." Tesis de maestría, Universidad EAFIT, 2015.
- De la Sota, Omar André. "Momentos muestrales y el Test de Jarque-Bera: Trabajo Final de Calculo Numérico." *RPubs*. Publicado el 5 de enero de 2023. <https://rpubs.com/aozoro/JarqueBera>.
- GBM Academy. "Mercado de valores: ¿qué es y cómo funciona?" Grupo Bursátil Mexicano, 2 de enero, 2023. <https://gbm.com/academy/mercado-de-valores-que-es-y-como-funciona/#:~:text=En%20resumen%2C%20los%20mercados%20de,forman%20parte%20de%20instituciones%20financieras>.
- Gray, J. Brian, y Dan W. French. "Empirical Comparisons of Distributional Models for Stock Index Returns." *Journal of Business Finance & Accounting* 17, no. 3 (1990): 451-459.

- Harris, Richard, y Coskun Küçüközmen. "The Empirical Distribution of UK and US Stock Returns." *Journal of Business Finance and Accounting* 28, no. 5-6 (2001): 715-740.
- Jorion, Philippe. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2007.
- Massey, Frank J. "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit." *Journal of the American Statistical Association* 46, no. 253 (1951): 68-78.
- Mishkin, Frederic S., y Stanley G. Eakins. *Financial Markets and Institutions*. 7ª ed. Boston: Prentice Hall, 2011.
- Ortegón Rojas, Jorge Armando, y Felipe Alejandro Torres Castro. "The Latin American Integrated Market, MILA. State of the Art." *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* 12, no. 23 (2016): 7-16.
- Palomino Selem, Carlos. "El Mercado Integrado Latino Americano (MILA): Contexto, Hipótesis y Reflexiones." *Pensamiento Crítico* 14 (2011): 119-135.
- Pérez Sosa, Felipe A., Denise Gómez Hernández, y Humberto Banda Ortiz. "El mercado integrado latinoamericano (MILA): ¿oportunidad para los fondos de pensiones mexicanos?" *Denarius: Revista de Economía y Administración* 69, no. 3 (2019): 101-119.
- Wang, Yuling, Yunshuang Xiang, y Huan Zhang. "Comparison and Forecasting of VaR Models for Measuring Financial Risk: Evidence from China." *Discrete Dynamics in Nature and Society* 1 (2022): 1-12. <https://doi.org/10.1155/2022/5510721>.