



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA ADMINISTRATIVA

**TITULO DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN EN BANCA Y
FINANZAS**

Valor en Riesgo de Carteras de Inversión del sector químicoagropecuario.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Autor: Garrido Barrazueta, Pamela Katherine

Tutor: Cueva Cueva, Diego Fernando, Ing. M. Sc.

LOJA - ECUADOR

2018.



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magíster

Diego Fernando Cueva Cueva

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Valor en riesgo de carteras de inversión del sector químico agrícola**, realizado por **Pamela Katherine Garrido Barraqueta**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre de 2018

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **Pamela Katherine Garrido Barrazueta** declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Valor en riesgo de Carteras de Inversión, de la Titulación Administración en Banca y Finanzas, siendo Mgtr. Diego Fernando Cueva Cueva director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Autor: Pamela Katherine Garrido Barrazueta.

Cédula: 1150373916.

DEDICATORIA.

*Para vos Gonzalo, porque, aunque esperaba
que las cosas hasta ahora hubieran sido diferentes;
siempre te tendré conmigo.*

AGRADECIMIENTO.

Principalmente agradezco a Dios por brindarme salud y sabiduría para culminar otra etapa más en mi vida.

Agradezco a mi madre Nancy, por todo lo que hizo por mí para llegar en donde estoy ahora y porque en todo momento supo brindarme su apoyo y amor incondicional, a mi hermano Daniel por ayudarme siempre en lo que he necesitado, a mis tías Cotita, Vivita, Mariana y Olguita quienes han sido como otras madres para mí y a mis primos y primas por estar siempre conmigo.

A mi amiga Belén porque a pesar de todo siempre estuvo conmigo apoyándome en cada decisión que he tomado; a mis amigas Ximena, Karla y Juan por siempre apoyarnos mutuamente y por todo lo que hemos vivido en la universidad, que ha sido mucho.

Mis sinceros agradecimientos a todos los docentes que han formado parte de mi vida universitaria.

CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Mercados financieros.....	6
1.2 Portafolio.....	8
1.3 Activo financiero.....	8
1.4 Riesgo.....	9
1.5 Rentabilidad.....	9
1.6 Teoría de carteras.....	10
1.6.1 Modelo de Markowitz.....	10
1.6.1.1 Formulación matemática del Modelo de Markowitz.....	12
1.6.1.2 Frontera eficiente.....	13
1.6.2 Teoría de Sharpe.....	14
1.6.2.1 Formulación matemática del modelo Sharpe.....	15
1.6.3 Teoría del equilibrio del mercado de capitales.....	16
1.6.3.1 Formulación matemática de la teoría del mercado de capitales.....	18
1.6.4 Modelo de valoración de activos (CAPM).....	19
1.6.4.1 Formulación matemática del modelo de valoración de activos.....	19
1.6.5 Línea del mercado de valores.....	20
1.6.5.1 Formulación matemática del SML.....	21
1.6.6 Teoría de valoración de por arbitraje.....	22
1.6.6.1 Formulación matemática de la Teoría de valoración de por arbitraje.....	22
CAPITULO II.....	24
VALOR EN RIESGO.....	24
2.1 Métodos de medición del VaR.....	26
2.1.1 Método de simulación histórica.....	26

2.1.2	Método de la Simulación Monte Carlo	27
2.1.3	Método varianza y covarianza.....	28
2.2	Estudios previos.	28
2.3	Variables del VaR.....	32
CAPÍTULO III		33
METODOLOGÍA.....		33
3.1	Tipo de investigación.	34
3.2	Unidad de análisis.	34
3.3	Generación del portafolio.	35
3.4	Optimización del portafolio.....	36
3.5	Matriz de varianzas y covarianzas.....	39
3.6	Ratio Sharpe.	41
3.7	Cálculo VaR.	42
CAPÍTULO IV.....		45
RESULTADOS.....		45
4.	Ponderaciones.....	46
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES.		56
BIBLIOGRAFÍA.....		57
ANEXOS.....		60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los mercados financieros.	6
Tabla 2 Estudios previos.	30
Tabla 3 Empresas.	35
Tabla 4 Cálculo VaR: método de simulación histórica.	43
Tabla 5 Cálculo VaR: método de varianza y covarianza.	44
Tabla 6 Resultados de ponderación: Portafolio 13 empresas.	46
Tabla 7 Resultados de ponderación: Portafolio 10 empresas.	48
Tabla 8 Resultados de ponderación: Portafolio 5 empresas.	49
Tabla 9 Resultados VaR.	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Frontera Eficiente.....	14
Ilustración 2 Línea de mercado de capitales.....	17
Ilustración 3 Línea de mercado de valores	21
Ilustración 4 Parámetros SOLVER Maximización	37
Ilustración 5 Parámetros SOLVER Minimización	38
Ilustración 6 Covarianza	40
Ilustración 7 Covarianza	40
Ilustración 8 Matriz muestral. Portafolio 1: Maximización de rentabilidad	61
Ilustración 9 Matriz muestral. Portafolio 1: Minimización de riesgo.	62
Ilustración 10 Matriz muestral. Portafolio 1: Maximización de ratio sharpe.	63
Ilustración 11 Matriz muestral. Portafolio 2: Maximización de rentabilidad.....	64
Ilustración 12 Matriz muestral. Portafolio 2: Minimización de riesgo.	65
Ilustración 13 Matriz muestral. Portafolio 2: Maximización de ratio sharpe.	66
Ilustración 14 Matriz muestral. Portafolio 3: Maximización de rentabilidad.....	67
Ilustración 15 Matriz muestral. Portafolio 3: Minimización de riesgo.	68
Ilustración 16 Matriz muestral. Portafolio 3: Maximización de ratio sharpe.	68
Ilustración 17 Matriz poblacional. Portafolio 1: Maximización de rentabilidad.....	69
Ilustración 18 Matriz poblacional. Portafolio 1: Minimización de riesgo.....	70
Ilustración 19 Matriz poblacional. Portafolio 1: Maximización de ratio sharpe.	71
Ilustración 20 Matriz poblacional. Portafolio 2: Maximización de rentabilidad.....	72
Ilustración 21 Matriz poblacional. Portafolio 2: Minimización de riesgo.....	73
Ilustración 22 Matriz poblacional. Portafolio 2: Maximización de ratio sharpe.	74
Ilustración 23 Matriz poblacional. Portafolio 3: Maximización de rentabilidad.....	75
Ilustración 24 Matriz poblacional. Portafolio 3: Minimización de riesgo.....	75
Ilustración 25 Matriz poblacional. Portafolio 3: Maximización de ratio sharpe.	76

RESUMEN

El objetivo al invertir implica utilizar recursos en diferentes áreas económicas con el fin de obtener utilidades mayores a nuestro capital invertido, pero este principio en todos los casos no se cumple. Son varios los factores que pueden colapsar una inversión, entre otros el más importante es el riesgo. Esta probabilidad de que el rendimiento sea menor al esperado, puede conocerse previamente utilizando herramientas que cuantifiquen este valor, una de ellas es el Valor en riesgo (Bazzani y Cruz,2008).

Existen varios métodos para su estimación: Método de simulación histórica, Método de simulación Montecarlo y Método de varianza y covarianza. Basándose en los resultados que permite generar el VaR, la presente investigación se ha establecido este cálculo mediante el Método de simulación histórica y el Método de varianza y covarianza; luego de su aplicación, los resultados generados demostraron que el método de cálculo más pertinente en esta muestra, fue el Método de varianza y covarianza. A su vez se estableció el nivel de pérdidas totales en 3 escenarios y analizando aquel con mayor optimización y que podría ser objeto de inversión.

PALABRAS CLAVES: Valor en riesgo, teoría de carteras, inversión, rendimiento, Método de simulación histórica, Método de simulación Montecarlo, Método de varianza y covarianza.

ABSTRACT

The objective in an investment involves using resources in different economic sectors in order to obtain monetary gains greater than our invested capital, but this principle in all cases is not fulfilled. There are several factors that can lead to the failure of an investment, among others the most important is risk. This probability that the yield is lower than expected, can be known beforehand using tools that can quantify this value, one of them is Value at risk (Bazzani and Cruz, 2008).

There are several methods for estimating Value at Risk (VaR): Historical simulation method, Monte Carlo simulation method and Variance and covariance method. Based on the results that generate the VaR, this calculation has been established in the present investigation by means of the Historical Simulation Method and the Variance and Covariance Method; after its application, the results generated showed that the most relevant calculation method in this sample was the Method of variance and covariance. In turn, the level of total losses was established in 3 scenarios and the one with the greatest optimization is analyzed and it could be subject to investment.

KEYWORDS: Value at risk, portfolio theory, investment, yield.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de una inversión es obtener beneficios económicos superiores al capital invertido y su importancia radica mayormente en tener una libertad financiera. Antes de realizar una inversión, se debe considerar varios factores tales como la información acerca de la empresa o sector a invertir, los distintos instrumentos de inversión y lo más importante conocer el nivel de riesgo al que la misma se expone (Rodríguez ,2009).

La incertidumbre es un factor difícil de controlar y predecir, es por esto que las empresas buscan herramientas que les permitan prepararse para cualquier situación que amenace su estabilidad económica. Una de las herramientas más utilizadas para analizar el riesgo y rendimiento de una inversión, es el Valor en riesgo. El VaR es un instrumento que permite conocer las pérdidas posibles dentro de una inversión (Rodríguez ,2009).

El Valor en riesgo es una herramienta que aporta positivamente al inversor brindándole información para evaluar y determinar la posible pérdida o beneficio económico que se obtendrá al invertir (Novales, 2016).

El VaR de un portafolio representa la máxima pérdida con un nivel de fiabilidad estadística que puede percibir el mismo en un tiempo determinado. Éstas pérdidas pueden darse por diversos factores, por tanto, es necesario implementar una medida de protección para la empresa; calculando pérdidas en posibles escenarios en donde la misma puede fracasar; esto hace indispensable el uso del VaR (Harper, 2017).

El siguiente trabajo de investigación pretende calcular el Valor en riesgo de portafolios constituidos por 13, 10 y 5 empresas; mediante la optimización de los mismos se espera calcular la pérdida máxima diaria que se obtendría en el supuesto de inversión. Esta investigación está dirigida a la sociedad en general, brindando información necesaria sobre el funcionamiento de esta herramienta, e indirectamente impulsará a la misma a adentrarse al sistema y mercado bursátil. De esta manera se pretende mejorar y aumentar su nivel económico personal y contribuir, con la toma de correctas decisiones financieras, al desarrollo económico social.

El análisis y estudio mencionado anteriormente se aborda en 4 capítulos, en el primer capítulo se explica todos los lineamientos teóricos que fueron tomados en consideración para desarrollar la misma; el marco teórico orientó el proceso de la investigación, debido a que permitió reunir, depurar y conceptualizar los temas necesarios para el correcto dominio del Valor en riesgo. El

capítulo 2 explica la definición del VaR, sus elementos y métodos de medición; así mismo en este segmento se recopiló información necesaria acerca de varios estudios antes realizados sobre este tema.

El capítulo 3 explica la metodología a tratar en esta investigación y en el capítulo 4 se analiza los resultados obtenidos, se presenta una discusión de resultados comparándolos con los obtenidos en los distintos estudios previos considerados en este trabajo, y a su vez se exponen varias conclusiones y recomendaciones de la misma.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

El marco teórico en esta investigación explica temas precisos que permiten obtener un mayor entendimiento del tema central de la misma. Estos se explican desde aspectos generales hacia particulares; empezando por conocer al mercado bursátil y las transacciones que realizan las empresas en el mismo, hasta la conceptualización de activos financieros, portafolio, riesgo y rendimiento. A su vez, se explican las distintas teorías de carteras para conocer el comportamiento de los portafolios generados posteriormente.

1.1 Mercados financieros.

El mercado financiero es el lugar o el mecanismo en el cual se realizan transacciones de compra y venta de activos financieros. Su objetivo principal es poner en contacto a oferentes y demandantes de fondos y de la misma manera conforme a esto, establecer los precios para estos activos a transaccionar. Estos mercados pueden categorizarse de la siguiente manera (González & Mascareñas, 2015):

Tabla 1 Clasificación de los mercados financieros.

MERCADOS FINANCIEROS	
Mercado de capitales	Según Diranzo, Ferrer y Pardo Tornero (2013) en este mercado se realizan transacciones de financiamiento por parte de entidades públicas. Dentro del mismo se tranzan activos a medio y largo plazo.
Mercado bursátil	Según Diranzo, Ferrer y Pardo Tornero (2013) en este mercado se realizan las diferentes negociaciones de las acciones de todas las empresas.
Mercado monetario	Según Diranzo, Ferrer y Pardo Tornero (2013) en este mercado se realizan transacciones con activos financieros de corto plazo. Con el objetivo de proponer una opción de inversión a sus clientes potenciales, en títulos valor
Mercado de mercancías	Se realizan transacciones o negociaciones con materia prima (González, 2015).
Mercado bancario	Según Diranzo, Ferrer y Pardo Tornero (2013) en este mercado se realizan préstamos iguales a los de cualquier entidad financiera. Una vez concedidos pasan a ser parte del mercado de capitales

Mercado de derivados

Se realizan transacciones o negociaciones con activos financieros que su precio ha sido derivado del precio de otros activos cotizados en cualquier mercado anterior. (González, 2015).

Fuente: Diranzo, Ferrer y Pardo (2013)

González (2015).

Elaboración: Autora.

Debido al direccionamiento del tema de investigación, es conveniente realizar un enfoque completo al sector en donde se desarrollan las actividades objetas al análisis, es decir al Mercado de capitales.

Según Beymar (2017) el Mercado de capitales es una herramienta compuesta por un conjunto de mecanismos que asignan y distribuyen los recursos de capital, los riesgos, el control y la información relacionada con el proceso de transferencia del ahorro hacia la inversión. Este traspa los recursos normalmente de largo y mediano plazo, provenientes de los sectores con exceso de liquidez y los lleva hacia los sectores que contienen actividades productivas mediante la compra y venta de títulos valores. Un título valor es un documento que contiene un derecho ya sea de pago o de cobro transmisible de una a otra persona (Beymar ,2017).

Dentro de este mercado, existe a su vez una clasificación: 1. Mercado bursátil; 2. Mercado extrabursátil y, 3. Mercado privado.

Para Bejar (2006) el Mercado bursátil está constituido por oferentes y demandantes que realizan negociaciones de valores inscritos en el registro de Mercado de valores y en las Bolsas de valores, hechas estas por los intermediarios de valores autorizados. Las Bolsas de valores son corporaciones sin fines de lucro autorizadas y controladas por la Superintendencia de compañías, cuyo principal objetivo es brindar a sus miembros las herramientas necesarias para cumplir con la negociación de valores; aquellos que normalmente se negocian son acciones, bonos, obligaciones, certificados de inversión entre otros títulos valores inscritos en la misma. Mientras que en el Mercado extrabursátil se realizan estas transacciones, pero fuera de las Bolsas de valores; y, finalmente el Mercado privado es el lugar en donde se realizan transacciones de manera directa entre el comprador y vendedor, sin intervención de los intermediarios de valores siempre y cuando los títulos objeto de transacción sean provenientes de fusiones, legados, herencias, donaciones y liquidaciones de sociedades conyugales (Bejar, 2006).

Adicionalmente Bejar (2006), únicamente en el Mercado bursátil y extrabursátil existe la intervención de intermediarios de Valores en sus transacciones, y cabe recalcar que los únicos intermediarios autorizados son las Casas de valores las mismas que tienen como objetivo principal el vincular las ofertas y demandas para realizar la compra y venta de valores. En nuestro país funcionan dos Casas de valores, la Casa de valores de Quito (CVQ) y la Casa de valores de Guayaquil (CVG) (Bejar, 2006).

La participación de nuestro país en este mercado no es muy alta, aunque existen registros de transacciones y negociaciones de títulos valor; inclusive obligaciones como son la deuda pública y externa del país están siendo representados por medio de estos títulos, los mismos que pueden ser negociables de forma bursátil y extrabursátil.

No existe un desarrollo continuo de este mercado de manera nacional, debido a la poca concentración de la riqueza de forma equitativa, sino que la misma se localiza en ciertos pequeños grupos de la población; esto ocasiona que el capital propio existente sea destinado únicamente al consumo, mas no al ahorro ni a la inversión, y las pocas veces que si se logra invertir se lo realiza solamente al corto plazo (Rosero ,2010).

1.2 Portafolio.

Ruiz (2014) define al portafolio como la selección y combinación de cierta cantidad de inversiones realizadas dentro de una organización durante un determinado tiempo. La diversificación de la inversión juega un papel fundamental dentro de la construcción del portafolio, ya que de esta manera se puede disminuir en cierto nivel de riesgo para el retorno del capital o monto invertido (Ruiz, 2014).

1.3 Activo financiero.

Según Ruiz (2014) un activo financiero es cualquier herramienta que entrega a quien la adquiere el derecho de recibir ingresos o utilidades en el futuro por parte de quien lo vende; es decir el comprador obtiene un derecho mientras que el vendedor una obligación; los mismos son emitidos por cualquier institución ya sea pública o privada. Un activo financiero es de gran utilidad al momento de querer financiar, como empresa, sus obligaciones; y a su vez beneficia a quienes invierten su capital obteniendo así beneficios económicos (Ruiz, 2014).

1.4 Riesgo.

El riesgo de una cartera es un elemento externo al mismo que puede ocasionar variaciones mínimas o significantes en su totalidad durante un tiempo determinado. El riesgo en sí es la probabilidad de que los ingresos obtenidos sean menores que aquellos esperados, o en el peor de los casos no obtener ningún beneficio como resultado de una operación de inversión financiera. Entonces, el riesgo tiene consigo la posibilidad de ocurrencia de eventos inciertos cuyos resultados financieros sean negativos (Ruiz, 2014).

En cambio, Machaín (2014) afirma que el riesgo que posee cualquier activo financiero se puede medir al observar el nivel en el que sus retornos se dispersan del retorno esperado promedio del mismo. Entonces al tener un activo cuyo grado de dispersión de sus retornos es mayor, por ende, mayor es el grado o nivel de riesgo o volatilidad del mismo. Esto no significa que el nivel de riesgo que posee una cartera o portafolio sea equivalente al promedio ponderado de los riesgos de los activos que conforman la misma. El grado en el que los activos de una cartera son similares o diferentemente afectados por determinados hechos tiene un peso en cuanto al riesgo de la cartera. Con esta información los inversores están en la capacidad de tomar buenas decisiones con respecto a su inversión y los retornos esperados, de la misma manera pueden elegir los activos que desean que conformen su cartera para proceder con la inversión, es muy útil ya que reduciría en gran porcentaje su nivel de riesgo (Machaín, 2014).

1.5 Rentabilidad.

La rentabilidad es definida como la medida del rendimiento que generan los capitales usados en el mismo, durante un periodo de tiempo determinado. Entonces se compara los ingresos obtenidos con los métodos o herramientas usadas para conseguirlos, con el objetivo de hacer una evaluación de dicha acción, eligiendo los mejores métodos para obtener nuestra rentabilidad y por ende calificar nuestra toma de decisiones que tiene que beneficiar a nuestra organización. Para el cálculo de la misma, podemos usar varias ratios que establecen una relación entre varios determinantes financieros de la organización como el patrimonio de la misma, su nivel de ventas con su respectivo costo de ventas y su nivel de activos y pasivos, entre otros (Sánchez, 2014).

1.6 Teoría de carteras

La teoría de carteras contiene normas que describen la manera en la que las carteras pueden crearse con las especificaciones requeridas. La teoría de carteras constituye una herramienta fundamental al momento de desear invertir sabiamente y esperar obtener en gran porcentaje, un retorno de nuestros fondos; considerando situaciones de riesgo y por ende tomar una buena decisión (Pérez, 2013).

La teoría de carteras presenta a su vez, distintos modelos formulados por varios autores que explican más a fondo el comportamiento de los portafolios bajo algunas circunstancias. Su objetivo es comprender a fondo como se construyen los mismos basándose en varias características y explican la percepción y manera de actuar de los inversores frente a múltiples situaciones (Pérez, 2013).

Los modelos a analizar en esta investigación son: Modelo de Markowitz, Modelo de Sharpe, Modelo de valoración de activos, Teoría de mercado de capitales y Teoría de valoración por arbitraje.

1.6.1 Modelo de Markowitz.

Este modelo explica que los inversores constrúan portafolios fijándose únicamente en el riesgo y rendimiento esperado. Dentro de esta teoría, la diversificación de carteras juega un papel importante ya que comprende el realizar una inversión no solamente en un activo, sino en varios; el beneficio principal de la diversificación radica en la reducción del nivel de riesgo a los que se expone generalmente al invertir en un solo activo. Esta es una herramienta que colabora en mucho al inversor, pero hay que tener en cuenta que el riesgo no se puede eliminar completamente debido a que siempre existirán elementos macroeconómicos que interfieran en el desarrollo cotidiano de las empresas en las industrias, lo que conlleva a una permanente exposición al riesgo (Markowitz ,1987).

Para la diversificación de carteras es necesario conocer el total de acciones que la componen, cabe recalcar que la cantidad de estos activos en una sola cartera no debe ser muy extensa ya que no se podrá tener el control total sobre ellos ni se podrá gestionarlos de manera eficiente; y la correlación de los retornos de las mismas. Si éstos, están fuertemente correlacionados la cartera no se puede diversificar, y viceversa, solo que en la segunda opción presentaría menor

riesgo. Es por esto, que los inversionistas tienen a esperar una recuperación mayor de su capital invertido cuando se trate de inversiones más riesgosas (Markowitz, 1987).

En resumen, Markowitz representa la idea de que el inversor maximizará el valor descontado de los rendimientos futuros que le genere el activo, ya que el futuro es incierto se deben descontar los rendimientos esperados. Para crear portafolios eficientes, es decir carteras cuya inversión se ha podido recuperar en mayor cantidad; se necesita aplicar el análisis de media- varianza (Markowitz, 1987).

Con el fin de incrementar las ganancias la varianza del portafolio se determinará incluyendo el comportamiento de los rendimientos de todos los activos que lo constituyen, entonces el rendimiento esperado del portafolio será definido así:

$$E = \sum_{i=1}^3 X_i \mu_i \tag{1}$$

Donde:

X_i : la participación relativa de cada acción

μ : rendimiento esperado de cada activo

La varianza del portafolio será expresada como:

$$V = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 X_i X_j \sigma_{ij} \tag{2}$$

Donde:

σ : la covarianza entre los activos que componen el portafolio.

El portafolio estará regido en base a dos restricciones: que la suma de las participaciones relativas de los activos sume 1 y que estas participaciones sean estrictamente positivas:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 X_i &= 1 \\ X_i &\geq 0 \text{ para } i = 1,2,3 \end{aligned} \tag{3}$$

1.6.1.1 Formulación matemática del Modelo de Markowitz.

En esta teoría se analiza el comportamiento principal del inversor ante una diversificación de portafolio, de manera que logre disminuir el nivel de riesgo al cual está expuesto obteniendo la rentabilidad esperada (Fuquen & Rozo, 2013). Siendo esta la idea principal de su modelo, establece los siguientes supuestos:

1. La rentabilidad de cualquier portafolio es una variable aleatoria cuya distribución de probabilidad para el periodo de referencia es conocido por el inversor.
2. Los inversores mantienen una actitud ambiciosa frente a la rentabilidad esperada de su portafolio, diversificando el mismo para reducir el nivel de riesgo al que están expuestos.
3. Los activos que componen las carteras, así como los activos individuales, son infinitamente divisibles, es decir que pueden ser comprados y vendidos en cualquier fracción.
4. La dispersión constituye una medida del riesgo, la misma que esta medida por la varianza o la desviación estándar de la variable aleatoria que describe la rentabilidad.
5. La eficiencia de los mercados conlleva a que los inversionistas tengan las mismas percepciones frente a los rendimientos esperados de los activos, desviación estándar y covarianza de los mismos; generando una distribución similar de probabilidad en los rendimientos.

La formulación matemática de este modelo inicia con el cálculo de la rentabilidad del portafolio, la misma que se expresa de la siguiente manera:

$$E(r_p) = w_1E(w_1) + w_2E(w_2) + \dots + w_nE(w_n) \tag{4}$$

Donde:

E : varianza de los retornos esperados

r_p : rendimiento del portafolio combinado

w : peso asignado de los activos

La fórmula de la volatilidad es la siguiente:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

(5)

Donde:

$w_i w_j$: proporciones de inversión

σ_{ij} : covarianza entre activos

1.6.1.2 Frontera eficiente.

La teoría propuesta por Markowitz en 1952 determina lo que se conoce como Frontera eficiente, la misma que se define como el conjunto de portafolios constituidos por todas las combinaciones de riesgo y rendimiento que se podrán conseguir entre los diferentes activos que lo conforman y que ofrecen el rendimiento esperado más alto para cualquier nivel de riesgo dado (Coronel, 2010).

En la Frontera eficiente se encuentran ubicadas las rentabilidades más exitosas para un riesgo determinado, localizadas de tal forma que corresponda a mayor riesgo mayor rentabilidad. Conforme el nivel de aversión al riesgo que tenga el inversionista, este se situará racionalmente en uno u otro punto de la línea de la frontera eficiente, mientras que en cualquier otro punto donde no se localizara se entendería por irracional (Coronel, 2010).

Para el cálculo de la frontera eficiente se comienza desarrollando los elementos estadísticos como es la matriz de varianza y covarianza con todas las acciones que conforman el portafolio y para realizarlo se debe tomar en cuenta los valores correspondientes a las rentabilidades y riesgos históricos de las mismas, que se supone que futuramente serán similares.

En el siguiente gráfico, se muestra la estructura de la frontera eficiente y como se puede observar en el eje horizontal se mide el riesgo mientras que el retorno esperado se ubica en el eje vertical; los puntos localizados debajo de la curva representan las posibles combinaciones de riesgo y retorno esperados.

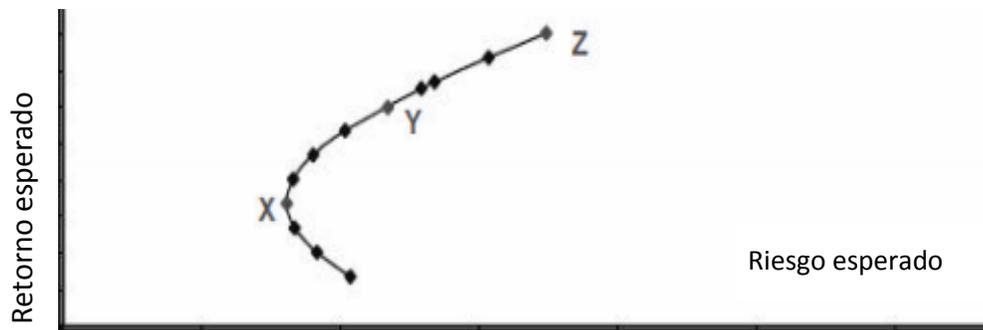


Ilustración 1 Frontera Eficiente

Fuente: Coronel, 2010.
Elaboración: Coronel,2010

Los portafolios eficientes son representados en el grafico por la línea curva “XYZ”, los demás portafolios que se encuentran ubicados por debajo de la misma son considerados como ineficientes; según el nivel de aversión al riesgo que tenga el inversor, éste podrá escoger el portafolio que sea más de su elección, por ejemplo supongamos que el inversor desee un nivel alto de retornos esperados sin que el riesgo importe entonces escogerá el portafolio “Z” en la ilustración (1), en cambio si desea un nivel medio de riesgo elegirá el portafolio “Y”, y si presenta aversión al riesgo optara por el portafolio “X”. En resumen, los portafolios que integren la curva “XYZ” son eficientes y las combinaciones de acciones dependerán del nivel de riesgo que el mismo esté dispuesto a asumir (Coronel, 2010).

1.6.2 Teoría de Sharpe.

De acuerdo a Mascareñas (2012), el problema en la teoría de carteras propuesta por Markowitz en 1952 recaía en la cantidad de cálculos números necesarios para calcular la rentabilidad y el nivel de riesgo de un portafolio en particular y su complejidad para llevar este procedimiento a cabo. Para simplificar este problema surge este modelo (Mascareñas ,2012).

Sharpe inició sus investigaciones observando primeramente que los activos que forman los portafolios estaban sujetos a influencias comunes por lo que concluyó que los rendimientos de

los mismos están positivamente correlacionados. Posteriormente, esta idea lo llevó a considerar que los rendimientos de los diferentes alores estaban relacionados con un índice general y que la correlación entre los rendimientos de los distintos valores se genera de la relación con este índice (Brun & Moreno, 2012).

Según el modelo formulado por Sharpe se conoce como Modelo Diagonal, el mismo que calcula solamente las relaciones entre los activos y su factor dominante; por consecuencia cuando el precio de un activo es más volátil que los movimientos del factor, ese activo generara más variabilidad en la cartera contenida mientras que sucede todo lo contrario si el precio del mismo no presenta volatilidad alguna (Mascareñas, 2012).

Este modelo es expresado de la siguiente forma:

$$R_i = a_i + b_i I + \varepsilon_i \tag{6}$$

Donde:

R_i : rendimiento del activo i

a_i : rendimiento del activo i, independiente del mercado

I: índice de la bolsa

b_i : coeficiente de regresión a estimar, dependiente de la variación del índice de bolsa

ε_i : perturbación aleatoria, expresa la variación de R_i

1.6.2.1 Formulación matemática del modelo Sharpe.

Según Ribal, Segura y Guadalajara, (2003) el modelo diagonal de Sharpe se calcula en base a una regresión lineal de mínimos cuadrados. Entonces el rendimiento de los activos y si riesgo se expresan de la siguiente manera (Ribal, Segura y Guadalajara, 2003):

$$E_i = a_i + b_i E[I]$$

$$\sigma_1^2 = b_1^2 \sigma_{\varepsilon_i}^2$$

(7)

Donde:

E_i : rendimiento del activo

σ_1^2 : riesgo total del activo

$b_1^2 \sigma_{\varepsilon_i}^2$: riesgo sistemático del activo

$\sigma_{\varepsilon_i}^2$: riesgo propio del activo

b_i : coeficiente de regresión

Para calcular el rendimiento esperado:

$$E_p \sum_{i=1}^n X_i a_i + E[I] \sum_{i=1}^n X_i b_i = a_p + E[I] b_p$$

$$\sigma_p^2 = b_p^2 \sigma_p^2 + \sum_{i=1}^n X_i^2 \sigma_{\varepsilon_i}^2$$

(8)

1.6.3 Teoría del equilibrio del mercado de capitales.

Luego de la teoría presentada por Markowitz (1952), surgieron varias opiniones e interrogantes, por lo que aparecieron nuevas necesidades y algunos cambios. Una de estas variantes, da paso a la formulación de otra teoría de carteras, propuesta por James Tobin en 1958. Tobin explica la situación que ocurriría si todos, o la mayoría de los inversores, se endeuden o presten capital a una misma tasa de interés; tomando como base la teoría de Markowitz (1952), Tobin analiza este comportamiento (Tobin, 1958).

Cualquier inversor es capaz de seleccionar el mismo portafolio y su actitud frente al riesgo sería completamente distinta. Por ejemplo, un inversionista decide colocar todo su capital en un solo portafolio asumiendo dicho riesgo ocasionado por el mismo; puede adquirir el mismo, o

únicamente puede invertir cierta cantidad de su dinero en dicho portafolio y el sobrante sería destinado para ser asegurado, es decir invertido en un activo libre de cualquier riesgo; todas estas variantes podrían significar grandes pérdidas o ganancias hacia el inversor, unas más que otras; es por esto que analizando, el capital debería ser colocado en donde el inversor este en la capacidad de obtener un mayor retorno del mismo (Tobin, 1958).

La teoría de Tobin concluye que el portafolio óptimo, en la línea de frontera eficiente, será igual para todos los inversores que constituyen el mercado; el mismo se localiza en el punto de tangencia creado entre la línea que une el punto de rentabilidad- riesgo asociado con el activo libre de riesgo y la frontera eficiente de Markowitz (1952), este portafolio recibe el nombre de portafolio de mercado y a la línea prolongada después del punto de tangencia como Línea de Mercado de Capitales o Capital Market Line (CML) (Betancourt, García y Lozano, 2013).

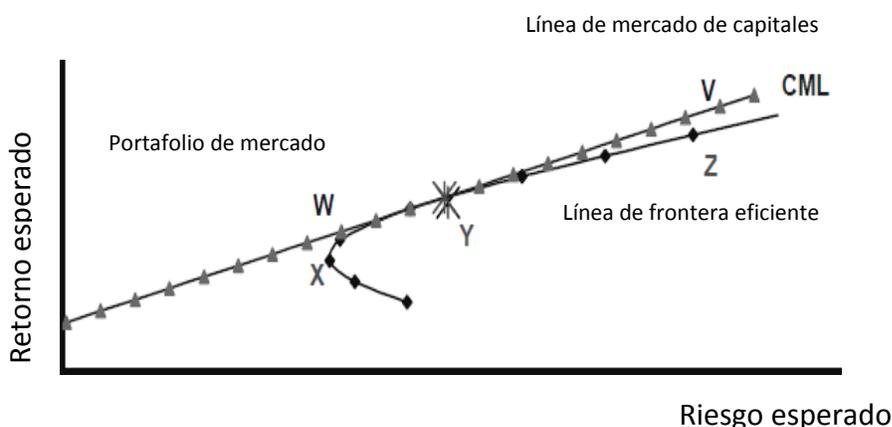


Ilustración 2 Línea de mercado de capitales

Fuente: Coronel, 2010.
Elaboración: Coronel, 2010

En la línea de mercado de capitales se ubica la elección de la inversión, la misma que corta el eje vertical en donde se encuentra la tasa libre de riesgo, la cual a su vez es tangente con la frontera eficiente como se encuentra en el gráfico. De tal manera que el objetivo del inversor será el de hallar el punto de tangencia entre la Frontera eficiente y la Línea de mercado de capitales, la cual representa el mejor portafolio, obteniendo un equilibrio entre el riesgo y el retorno esperado (Cobo, 2010).

1.6.3.1 Formulación matemática de la teoría del mercado de capitales.

Para Mascareñas (2012), varios son los supuestos que explican claramente esta teoría, entre sus principales están:

1. Se supone que los inversores se encuentran en un mercado perfecto, donde son capaces de adoptar una posición de aversión al riesgo.
2. Los inversores al tener las mismas oportunidades de inversión, mantienen expectativas homogéneas.
3. Cada uno de los inversores son capaces de adquirir una deuda o prestar capital al mismo tipo de interés de un activo sin riesgo.

Una vez analizados los supuestos, se procede a determinar la CML, de manera que:

$$S = \langle X(F); X(M) \rangle \tag{9}$$

En donde:

$X(F)$: proporción del activo libre de riesgo

$X(M)$: proporción del portafolio de mercado

De tal forma que:

$$X(F) + X(M) = 1 \tag{10}$$

Entonces:

$$E[R(S)] = R(F) + \frac{E[R(M)] - R(F)}{\sigma(M)} \tag{11}$$

En donde:

$E[R(S)]$: constituye una variable dependiente

$R(F)$: valor tiempo del dinero

$E[R(M)] - R(F)$: precio del riesgo

$\sigma(M)$: varianza del rendimiento

1.6.4 Modelo de valoración de activos (CAPM).

Luego de conocer la tasa libre de riesgo, debemos conocer y empezar a medir el riesgo, así como encontrar el portafolio que convenga positivamente. Entonces, es aquí en donde el Modelo de Valoración de activos o Capital asset pricing model formulado por William Sharpe en 1964 toma acción.

El CAPM relaciona la rentabilidad que tiene un activo financiero con el riesgo de mercado del mismo. Este modelo separa al riesgo de las acciones en dos: riesgo sistemático o de mercado y riesgo no sistemático o único. El riesgo de mercado resulta imposible eliminarlo debido a los peligros u obstáculos que permanecen en constante amenaza para las empresas en la economía, y que ocasionan que sus acciones se dirijan hacia un mismo sentido; de tal forma que este riesgo no se elimina con la diversificación; en cambio esta situación no ocurre con el riesgo no sistemático ya que este fácilmente puede ser eliminado con la diversificación, mientras la cantidad de títulos que conforman el portafolio crece, la desviación estándar de los rendimientos disminuye, de igual forma a una tasa decreciente. Un portafolio que se encuentre completamente diversificado tendrá una beta igual a 1 ($\beta=1$). Sharpe (1964).

En esta teoría debido a la diversificación correcta de carteras, se demanda una prima en función del riesgo sistemático de cada activo, mas no del riesgo específico. De igual manera que el riesgo sistemático, la rentabilidad será en función de beta. El CAPM expresa que la prima de riesgo de un activo está en función de la prima de riesgo esperada del mercado y el riesgo sistemático de ese activo, es decir su beta. (Moreno & Gutiérrez, 2007)

1.6.4.1 Formulación matemática del modelo de valoración de activos.

Esta teoría se rige por el equilibrio del mercado, es decir supone que la oferta de activos financieros iguala a la demanda. Habiendo una relación directamente proporcional entre

rentabilidad y riesgo: mayor riesgo = mayor rentabilidad se puede calcular fácilmente la rentabilidad del activo, asignándole valores al nivel de riesgo; con la siguiente expresión:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i E(R_m - R_f)$$

(12)

En donde:

$E(R_i)$: tasa de rentabilidad esperada.

R_f : rentabilidad del activo sin riesgo.

β_i : beta del activo financiero, calculado: $\beta_i = \frac{cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$

$E(r_m)$: Tasa de rentabilidad esperada del mercado en que cotiza el activo

Haciendo énfasis en el inciso anterior, en donde se menciona la necesidad de este modelo para expresar la prima de riesgo del activo y del mercado, se descompone la igualdad:

$r_M - r_f = R_M$: Prima del riesgo de mercado

$R_i - r_f = R_i$: Prima del riesgo del activo "i"

1.6.5 Línea del mercado de valores.

La línea de mercado de valores es usada en base al modelo CAPM para elaborar una descripción de la relación entre el riesgo sistemático y el rendimiento esperado de los activos, es decir esta línea muestra el nivel de rentabilidad esperado para cada portafolio tomando en cuenta el riesgo sistemático de la misma, la tasa de rentabilidad esperada y el tipo de interés libre de riesgo (Lorencilla ,2015).

Gráficamente la SML se expresa de la siguiente manera:

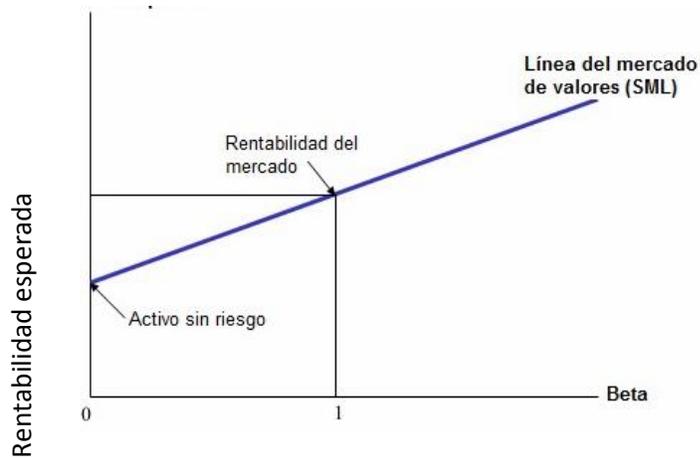


Ilustración 3 Línea de mercado de valores

Fuente: Lorencilla, 2015.
Elaboración: Autora.

Para Moreno & Gutiérrez, (2007) la Línea de mercado de capitales (CML) y la Línea de mercado de valores (SML) pueden ser gráficamente similares; pero tienen sus diferencias. La CML deriva a la SML, calculando la relación entre riesgo y rendimiento para activos individuales o de portafolios; mientras que la CML se entra exclusivamente en portafolios eficientes diversificados.

1.6.5.1 Formulación matemática del SML.

Para la SML, la expresión matemática es la siguiente:

$$E[R_i] = R_f + (E[R_m] - R_f) \cdot \beta_i$$

(13)

Donde:

$E[R_i]$: retorno esperado de un portafolio i

R_f : tasa libre de riesgo

$E[R_m]$: posibilidad de retorno de la cartera de mercado

β_i : riesgo relevante

Esta fórmula matemática permite obtener el retorno esperado del activo mediante la tasa libre de riesgo y con una prima de riesgo, la misma que es multiplicada por el riesgo de mercado.

1.6.6 Teoría de valoración de por arbitraje.

No obstante Ross (1976) formuló una teoría denominada Teoría de valoración por arbitraje la misma que es utilizada para determinar los precios de los activos financieros. Esta teoría se fundamenta en la idea de que en un mercado financiero competitivo el arbitraje asegurará que los activos sin riesgo proporcionen el mismo rendimiento esperado. En este mercado los precios de los activos se ajustan mediante los inversores construyen carteras de valores con el objetivo de obtener beneficios de arbitraje, cuando ya no existan dichas oportunidades se alcanzará el equilibrio en los precios de los activos financieros. Dentro de esta teoría se establece que la rentabilidad de cada acción dependerá parcialmente de los factores macroeconómicos y a su vez, de ciertas variables propias de la empresa, es por esto que existen dos fuentes de riesgo para las mismas (Ross ,1976).

Los modelos CAPM y ATP formulan una igualdad pareja de valoración de activos que centra la relación entre la rentabilidad y el riesgo sistemático, la diferencia recae en el significado de este riesgo para cada teoría. En el ATP este riesgo se denomina por varias betas mientras que en el CAPM como se vio anteriormente, solo por una sola (Ross ,1976).

1.6.6.1 Formulación matemática de la Teoría de valoración de por arbitraje.

Según Álvarez (2010), esta teoría expresa que el retorno esperado de los activos depende únicamente de las variables macroeconómicas del mercado; entonces:

$$E(R_i - R_f) = b_1 E(R_{vm1} - R_f) + b_2 E(R_{vm2} - R_f) + \dots b_k E(R_{vmk} - R_f) \quad (14)$$

En donde:

$E(R_i - R_f)$: retorno esperado

R_{vm1} : variables macroeconómicas

$$b_k: \frac{\text{cov}(R_i, mv_k)}{\text{var}(r_{mvk})}$$

Para Álvarez (2010), este modelo analiza el comportamiento de los inversores, el cual radica en la selección de riesgo no diversificable, el mismo que proviene de múltiples factores. Entonces depende de gran parte de las variaciones del mercado al que están inmersos y de factores internos que, como compañía, pueda presentar.

CAPITULO II

VALOR EN RIESGO

El VaR representa una herramienta que ayuda; con un nivel de significancia establecido, a cuantificar el valor correspondiente a la pérdida de un portafolio especificado dentro de un intervalo de tiempo determinado. Es decir, el VaR esquematiza el peor de los escenarios posibles en el que se puede encontrar cierto portafolio, midiendo de esta manera su nivel de riesgo y facilitando la buena toma de decisiones. El cálculo del VaR se direcciona a evaluar la relación entre riesgo y rentabilidad con el fin de conseguir un portafolio eficiente; es decir, obtener una cartera que con un nivel de riesgo establecido pueda maximizar su rendimiento (Feria & Oliver, 2006).

El valor en riesgo es una herramienta de referencia casi obligatoria al momento de analizar el riesgo de mercado. Existe el VaR absoluto y el VaR relativo; el VaR absoluto representa la cantidad absoluta en riesgo y el VaR relativo la cantidad absoluta en riesgo más las ganancias esperadas (Novales, 2016).

Conociendo con exactitud la definición de esta herramienta, es necesario conocer cómo calcularla; qué métodos, procedimientos y variables son necesarias para su estimación, es por esto que a continuación se enunciará los métodos más comunes utilizados para su cálculo.

Para el cálculo correcto del VaR es necesario aplicar un procedimiento que incluya toda la información necesaria del entorno al que se expone el portafolio. Para iniciar con este cálculo, es necesario identificar e introducir en el modelo toda la información necesaria de los distintos factores de riesgo que afectan el valor de la cartera, posteriormente; se procede a calcular la sensibilidad de la misma, es decir se determina en qué medida varía el valor de la cartera cuando ocurre una variación unitaria en los factores de riesgo determinados en la primera etapa. Finalmente, se estima el valor correspondiente a la pérdida máxima a la que la cartera está sujeta, cabe recalcar que este cálculo depende completamente del método escogido para medir la volatilidad de la misma y sus supuestos para medir su riesgo (Mori, 1996).

2.1 Métodos de medición del VaR.

Para el cálculo del VaR se pueden emplear los siguientes métodos: Método de Simulación Histórica, Método de Varianza y Covarianza y Método Simulación Monte Carlo.

2.1.1 Método de simulación histórica.

El método de simulación histórica para el cálculo del VaR, como su nombre mismo lo indica se trata de conseguir el Valor en Riesgo mediante la información histórica de todos los retornos, es decir de todos y cada uno del monto devuelto como resultado de una inversión colocada o realizada que ha sido recuperado durante cierto tiempo determinado. Dentro de este método se puede observar todas las variaciones que ha experimentado el valor de un portafolio durante un periodo (Otárola, 2011).

El método de simulación histórica necesita una base de datos bastante amplia para tener una idea de evolución ya sea positiva o negativa del retorno del capital invertido; aunque se trate de realizar una suposición futura este método no asegura con certeza el resultado del valor en riesgo obtenido. El objetivo de esta metodología es impedir la imposición de supuestos en la distribución de los diferentes montos devueltos o retornados. Los resultados del VaR son susceptibles al cambio, es decir, pueden fácilmente cambiar de valor debido a que según esta metodología presume que la distribución no varía conforme pase el tiempo y por ende tiende a tener un cierto grado de sensibilidad en cuanto al tamaño de la muestra elegida (Klaic ,2014).

Al aplicar esta metodología se pretende cuantificar todas las rentabilidades hipotéticas que se hubieran generado de haber mantenido el portafolio de inversión actual. Por todo esto es muy necesario el contar con la información histórica suficiente para de esta manera poder generar una secuencia de valores históricos de retorno de la cartera y de esta manera poder definir una distribución de probabilidades. Uno de los inconvenientes más comúnmente generados, es este; el no contar con la información necesaria dificulta en gran cantidad el proceso (Novales ,2016).

Para el cálculo del VaR utilizando este método es necesario seguir cierto procedimiento para que su medición sea más precisa y nada complicada. Primeramente, la recolección de datos es de vital importancia, puesto que es el único requisito necesario para esta metodología; entonces reuniríamos los datos necesarios durante un tiempo determinado, luego de esto se procede a

realizar una medición de la variación porcentual en los tipos de interés diarios y por ende calcular el nuevo valor del portafolio con estas tasas de interés (Mascareñas, 2012).

Ahora bien, las posibles pérdidas obtenidas fueran el resultado de la diferencia entre en valor actual de la cartera con los valores de la misma, como consecuencia del riesgo al que fue expuesta la cartera, al final con un nivel de confianza elegido personalmente, se pueden apreciar y analizar los resultados (Mascareñas, 2012).

2.1.2 Método de la Simulación Monte Carlo.

El método de Simulación Montecarlo consiste en la creación de escenarios futuros en base a la función de las variables, es decir, con este método, se logra simular todos los escenarios posibles de los nuevos valores de los retornos en las distintas etapas de riesgo, en base a su función de distribución; por lo mismo deberíamos asumir una distribución normal de dichos escenarios y por ende generar los retornos por medio de algún algoritmo generador de variables (Ramón & Blanco, 2000).

Esta metodología de cálculo, es más flexible que la anterior. Así como el método descrito anteriormente, el método de simulación de Montecarlo puede presentar varias adversidades al momento de su aplicación, por ejemplo, la limitación computacional, la dificultad de valoración en tiempo real y la necesidad de preestablecer modelos de comportamiento de los precios de los activos; son algunos de los obstáculos que pueden suscitarse dentro del cálculo del VaR utilizando este método (Ramón & Blanco, 2000).

Finalmente, debemos tener en cuenta que este método utiliza del anterior para poder ser aplicado, que quiero decir, que en sí para calcular el Valor en Riesgo de una cartera o portafolio utilizando este método es necesario utilizar un software informático, el mismo que establezca un sinnúmero de resultados según los datos iniciales que tengamos, es decir los datos históricos que poseamos (Ramón & Blanco, 2000).

Esta metodología brinda una mayor flexibilidad que los otros métodos mencionados anteriormente, al momento de establecer supuestos. Es decir, asumimos que los retornos son distribuidos normalmente mientras que la matriz de varianzas y covarianzas captura todas las dependencias posibles entre los activos que componen la cartera (Machaín, 2014).

2.1.3 Método varianza y covarianza.

El método de varianzas y covarianzas hace una suposición en cuanto a los rendimientos de un portafolio o cartera que posee una empresa, y manifiesta que los mismos se distribuyen normalmente, y conociendo su rendimiento medio esperado y su desviación típica es posible representar dicha distribución (Mascareñas, 2012).

Este método, como los anteriores necesita datos históricos sobre el retorno de la inversión para poder calcular el valor en riesgo de una cartera específicamente determinada. Ya que se supone que los rendimientos de los activos son distribuidos normalmente, para su cálculo se necesita generar una matriz de varianzas y covarianzas que sean multiplicadas por las ponderaciones de los activos que conforman las carteras, y con un nivel de significancia deseado, se obtiene el valor en riesgo (Salinas ,2009).

Este es uno de los métodos más comunes usados normalmente para conocer el nivel de riesgo y de retorno que conlleva cierta cantidad de inversión, junto con el método de simulación histórica, que como hemos visto es necesario para el cálculo de los demás métodos, así que tiene vital importancia al momento de conocer el VaR de un portafolio (Salinas ,2009).

Aunque cabe recalcar, que varios autores durante el pasar del tiempo han dado sus opiniones de cuál es el método más completo y esencial que pueda despejar cualquier clase de dudas dentro del cálculo del VaR, en el presente trabajo se analizarán estos tres métodos, con el único fin de solventar y brindar información necesaria de manera más completa y precisa para el cálculo del VaR en una cartera, en este caso de inversión, así que, aunque se llegasen a complementar estas tres metodologías es necesario establecer las diferencias que conlleven a las distintas ventajas y desventajas de aplicar cada uno de estos tres métodos; las mismas que podremos establecer más adelante luego de haber aplicado los mencionados anteriormente (Mori et al,1996).

2.2 Estudios previos.

Según Sampieri (2011), los estudios previos constituyen el mejor punto de partida para realizar una investigación, su importancia se debe principalmente a que estos ayudan a prevenir errores en la misma, proporcionando una herramienta guía para ampliar el horizonte de estudios. Por esta razón se ha creído conveniente analizar diversas investigaciones previas relacionadas con

el cálculo o medición del VaR, las cuales estarán categorizadas a continuación, de acuerdo al país de origen o de aplicación.

Son diversos los autores que han optado por el cálculo del VaR mediante el Método de simulación histórica, basándose en su nivel de importancia, beneficios y desventajas se han llevado a cabo estas investigaciones en distintos países, con muestras completamente distintas y en diversos periodos de tiempo determinado. Cabe recalcar que la aplicación de los diferentes métodos para la medición del VaR, son elegidas por los autores principalmente para detallar las ventajas y desventajas de los mismos. En la tabla 2 se detallan estas investigaciones, con sus respectivos resultados; los mismos que contribuirán a la culminación de la presente investigación.

Tabla 2 Estudios previos.

AUTOR (es)	AÑO	MUESTRA	MÉTODO	RESULTADOS
Alonso, <i>Julio Cesar</i> . Chaves, <i>Juan Manuel</i> .	2001/2010 Colombia	Rentabilidades diarias para 5 índices de Bolsa de países latinoamericanos: Argentina, Brasil, Colombia, Chile y Perú. Número total de observaciones: 2.292, 2.302, 2.271, 2.318 y 2.311	Aproximación paramétrica; Aproximación no paramétrica: Simulación histórica; Aproximación semiparamétrica: Simulación histórica filtrada	Los resultados mas significantes conseguidos en esta investigación muestran las diferencias en las estimaciones del VaR que se encuentran con la aplicación de los métodos propuestos; por esta misma razón no se encuentran consistencias en las estimaciones consideradas para el cálculo del VaR para el siguiente día de negociación. El resultado obtenido no es muy favorable ya que la medición del VaR en cualquier caso debe ser muy conservadora, más en casos de análisis financiero. Es por esto, que se espera obtener una cobertura igual a la esperada al momento de la estimación del VaR, que en este caso vendría a ser del 90%; supuesto que representa la espera de que el VaR fuera mayor a la pérdida real en un 1% de los casos; de modo que si ocurre todo lo contrario no resultaría eficiente y representaría una cobertura superior. (Alonso & Chaves, 2011).
Vergara, <i>María</i> . Ochoa, <i>Cecilia</i> .	2003/2006 Colombia	Precio de cierres diarios de 10 acciones colombianas: Aval, Bancolombia, Bogotá, Cemargos, Chocolates, Colinvers, Éxito, Inverargos, Isa y Suraminv.	Método de Simulación Montecarlo Estructurado.	Para la estimación correcta del VaR mediante el método Montecarlo Estructurado, fue necesario realizar la estimación de modelos estocásticos discretos como el método Garch. Uno de los requisitos principales para emplearlo fue la identificación del proceso estocástico que sigue cada uno de los factores de riesgo, precios y volatilidad, así mismo, la estimación de los respectivos parámetros, para finalmente generar las trayectorias probables de los mismos y estimar a las distribuciones del VaR esperado para el periodo a proyectar. Partiendo de esto, uno de los resultados principales que se encontró en este análisis fueron los efectos leverage a apalancamiento que evidenció el mismo dentro de todas las series sujetas al análisis. (Vergara & Ochoa, 2009).
Alonso, <i>Julio Cesar</i> .	2005 Colombia	Datos supuestos para dos portafolios con un total de 250 observaciones	Método paramétrico: El modelo Normal, Métodos no paramétricos: Simulaciones Históricas	Este estudio de análisis desarrolla una introducción breve a lo que es el VaR y los distintos parámetros que contribuyen a su medición, así como también los diversos métodos que existen para calcularlo. Entre uno de los métodos más comunes se encuentra el de varianza y co-varianza, que como su nombre mismo lo indica se trata de realizar suposiciones de varianzas constantes en los rendimientos de los activos de un portafolio o cartera, el obstáculo principal dentro de esta metodología es que la volatilidad de los rendimientos financieros no es constante, por lo que la consideración de otro método para calcular la volatilidad de los periodos futuros, sería acertada. (Alonso, 2005).
Urbina, <i>Jaime Iván</i> . Núñez, <i>Gabriel</i> . Saavedra, <i>Patricia</i> .	2009/2013 México	Precio de las acciones diarias de 5 empresas mexicanas: Grupo ICA, Grupo Mexicano de Desarrollo (GMD), Cementos Mexicanos (CEMEX), Desarrolladora Homex y Grupo CARSO (GCARSO).	Método de Simulación histórica Método de varianza y co-varianza.	El objetivo de este estudio era principalmente, realizar un análisis de los métodos más comunes para la estimación del VaR, estimado partiendo de los precios accionarios de varias empresas Mexicanas. Por lo tanto los resultados fueron diversos debido a los supuestos bajo los que trabaja cada una de estas metodologías. Para efectuar el análisis se utilizó dos portafolios que contenían las mismas acciones pero con distintos pesos de inversión, por lo que se concluyó que la distribución normal no modela correctamente las pérdidas de ambos portafolios, lo que origina complicaciones para la estimación del VaR con el método de varianza y co-varianza. (Urbina, Núñez, Saavedra, 2015).

Pavlo, <i>Krokhmal.</i> Jonas, <i>Palmquist.</i>	2000 Estados unidos	Portafolio supuesto con datos historicos de 10 días.	Método de Simulación histórica Conditional Value at Risk	El documento amplía el enfoque para la optimización de la cartera, que calcula simultáneamente VaR y optimiza CVaR. Primero se mostró que para problemas de optimización de retorno de riesgo con restricciones convexas, uno puede usar diferentes formulaciones de optimización. El caso de estudio mostró que el algoritmo de optimización, que se basa en técnicas de programación lineal, es muy estable y eficiente (Pavlo, Jomas, Stanislav, 2000).
Klaic, <i>Rafael</i>	2004/2014 Ecuador	Serie históricas de tres activos financieros de 6 empresas nacionales y estadounidenses; La Favorita, Banco de Guayaquil y Holcim, y; General Electric, IBM y Apple, respectivamente. Con un número total de observaciones 2.222	Método de Simulación histórica. Método de Simulación Montecarlo. Método de varianza y co- varianza.	Para llevar a cabo esta investigación fue necesario contar con series históricas de precios accionarios de 6 empresas, 3 nacionales y 3 estadounidenses. El resultado inicial muestra la optimización de todos estos portafolios mediante el Markowitz, siendo Appel y General Electric las principales empresas que alcanzan en mayor porcentaje, dicha optimización. En el cálculo de la rentabilidad, se evidenció que el portafolio más rentable corresponde al de la empresa Apple con un 0.109% diario en comparación con el menos rentable que fue la institución bancaria ecuatoriana Banco de Guayaquil; además de dar a conocer estos resultados, se pudo determinar cual de estos portafolios era más riesgoso. Con todos estos resultados se pudo concluir que el nivel de volatilidad y el nivel de riesgo del portafolio estadounidense es mayor al ecuatoriano, mientras que el nivel de rentabilidad es mayor para el caso de las empresas ecuatorianas. (Klaic, 2014).
García, <i>Carolina</i> Mesa, <i>Ana</i> Ventura, <i>Bibiana</i>	2011/2016 España	Portafolio de la empresa telefónica TEF Con un número total de observaciones de 1561	Método de Simulación Histórica Método Paramétrico/Analítico	Dentro de esta investigación se llevó a cabo la estimación del VaR para un portafolio de una empresa Telefónica ubicada en España, los métodos utilizados fueron el Método de Simulación histórica y el Método Paramétrico /Analítico. Los resultados obtenidos con el primer método, es decir con la simulación histórica, fueron poco realistas debido a que el horizonte temporal empleado contaba con gran cantidad de año, ocasionando que las fluctuaciones sean paliadas. Por otro lado, el segundo método concluyó con resultados más representativos y fiables, suponiendo una distribución normal, estaría más cercano a la realidad. (García, Mesa, Ventura, 2017).
Cabedo, <i>Semper</i> Moya, <i>Clemente</i>	1999/2003 España	Cotizaciones diarias de las divisas que componen las 100 carteras analizadas (supuestas).	Método de Simulación Histórica Método de varianza y co- varianza. Método de Simulación de Montecarlo. Método de Simulación Histórica con predicciones	En esta investigación se formuló una metodología diferente para el cálculo del VaR: el Método de simulación histórica con predicciones autorregresivas con la ayuda de la herramienta: Riskmetrics, este es un método de varianzas-covarianzas, en el que se asume que la varianza de una cartera puede ser modelizada mediante un esquema de medias móviles exponencialmente ponderadas. Entre los resultados principales, se pudo evidenciar la autocorrelación de los rendimientos en las carteras analizadas, según las cotizaciones diarias de las mismas. De la misma manera, los resultados concretos de la medición del VaR arrojaron varias diferencias de acuerdo a los distintos métodos utilizados, dejando a consideración a quien corresponda, de utilizar la metodología más adecuada que vaya conforme a los parámetros que se deseen analizar (Cabedo, Moya, 2003).
Yun, <i>Hsing</i> <i>Cheung</i> Powell, <i>Robert</i>	2012 Australia	Serie de datos históricos de una empresa Con un número total de observaciones de 2512.	Método de Simulación Montecarlo Método paramétrico	Este estudio pretende analizar y demostrar el cálculo o medición del VaR mediante el Método de Simulación histórica y el Método paramétrico, utilizando la aplicación de cálculo: Excel. Luego de la serie de pasos explicados para la obtención del VaR el estudio demuestra varios resultados, para las empresas analizadas los resultados finales fueron expresados de la siguiente manera: los rendimientos obtenidos del VaR más pequeños y más grandes del 5% difieren en un 0.12% (Coca Cola) y un 0.30% (cartera), mientras que los valores más pequeños y mayores del 5% de VaR difieren en \$ 1,200 (Coca Cola) y \$ 15,163 (cartera de activos múltiples). Estas diferencias son insignificantes dados los tamaños de cartera de \$ 1 millón (activo individual) y \$ 5 millones (activo múltiple). Basado en los resultados similares obtenidos, es difícil argumentar qué método es mejor. De hecho, los resultados dependen del método y la serie de datos históricos recopilados (Hsing, Powell, 2013).

Fuente: (Hsing & Powell, 2013)

Elaboración: Autora.

2.3 Variables del VaR.

El horizonte temporal, el nivel de confianza y la cantidad de observaciones, son las principales variables cuyo conocimiento es indispensable para el cálculo del VaR. El horizonte temporal hace referencia al intervalo de tiempo que se requiera para calcular la pérdida máxima, es decir desde el presente hasta el futuro. El horizonte temporal se define dependiendo de la liquidez de los activos que integran el portafolio, en este caso el portafolio de inversión (Tagliafichi, 2013).

El siguiente componente para el cálculo del VaR es el nivel de confianza, dentro de esta parte se empieza a tomar consideraciones estadísticas, por tanto el nivel de confianza responde a la probabilidad de que el intervalo estimado contenga el parámetro, específicamente para este análisis el nivel de confianza nos mostrará el porcentaje de tiempo en el cual dichos portafolios de inversión no presenten pérdidas mayores a las propuestas por el modelo, este porcentaje comúnmente oscila entre el 90% y 99% y, finalmente se procede a elaborar una muestra de observaciones que sean objeto de análisis para el cálculo del VaR (Tagliafichi ,2013).

Dentro de este factor existe una consideración muy importante, la cantidad de observaciones tienen repercusiones en este cálculo, por ejemplo, si se escogen series de datos largos obtendremos las distribuciones de los retornos mejor elaboradas, pero existe la posibilidad de que estas no puedan expresar la situación actual del mercado (Tagliafichi ,2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación.

Esta investigación es de carácter cualitativo y cuantitativo debido a la recolección de información numérica correspondiente a los precios diarios de las acciones de cada una de las empresas; a su vez presenta un enfoque descriptivo. Por ende, se pretende describir el comportamiento de los precios accionarios y su variación en el tiempo.

Dentro de este estudio se llevará a cabo la construcción y optimización de tres portafolios: de 13, 10 y 5 empresas; mediante la Maximización de rentabilidad y Minimización de riesgo de los precios accionarios correspondientes de las empresas seleccionadas, a su vez se aplicará la metodología de ratio Sharpe, para finalmente estimar el VaR mediante la simulación histórica y simulación de varianza y covarianza discutidos en el capítulo anterior;

Para la optimización de estos portafolios se realizaron procedimientos en base a dos factores muy importantes en cualquier inversión: riesgo y rentabilidad, mismos que facilitan la estimación correcta del VaR, es por esto que se generaron escenarios basados en maximizar la rentabilidad de las empresas haciendo frente al riesgo al que están expuestas.

La herramienta de cálculo principal en ésta investigación es la interfaz de cálculo Excel.

3.2 Unidad de análisis.

Los datos corresponden al valor accionario diario de 13 empresas internacionales del sector químico-agricultural. Dentro de este sector se encuentran aquellas empresas dedicadas a la producción y comercialización de agroquímicos y biotecnología destinada a la agricultura.

Las empresas que dedican sus actividades dentro de este sector, manifiestan que sus productos son de vital importancia y de ayuda, ya que sirven para evitar enfermedades, plagas y malformaciones de las distintas especies animales y vegetales; eliminando el riesgo total de molestias en los mismos. Con el surgimiento de estas sustancias, se ha demostrado una mejora en la calidad de vida y salud de estas especies.

Todas estas empresas tienen muy en claro el impacto ambiental que surgirá por la producción y utilización de sus productos; por lo que mantienen su responsabilidad con la sociedad; es decir realizan su producción con el menor impacto ambiental negativo posible.

Las empresas objeto de esta investigación se aprecian en la tabla 3:

Tabla 3 Empresas.

EMPRESAS	PAÍS
American Vanguard Corporation	Estados Unidos
Central Garden & Pet Company	Estados Unidos
Bayer Crop, Inc.	Alemania
BASF AG.	Alemania
Fmc Corporation.	Estados Unidos
Dow Dupont Chemicals	Estados Unidos
Monsanto Company	Estados Unidos
The Mosaic Company	Estados Unidos
NUFARM	Canadá
Gujarat Narmada V. Fertilizers	Estados Unidos
The Scotts Miracle-Gro Company	Estados Unidos
Hubei Xinyangfeng Fertilizer	Estados Unidos
Terra Nitrogen Company, L.P	Estados Unidos

Fuente: Yahoo Finanzas.

Elaboración: Autora.

3.3 Generación del portafolio.

Para la construcción de los portafolios son necesarios los precios accionarios diarios desde el 03 de enero del 2007 hasta el 31 de diciembre del 2017, contando con un total de 2.746 observaciones; cabe recalcar que dentro de estas series históricas se excluyen únicamente los fines de semana y días festivos, arrojados automáticamente por el sistema de acuerdo al día de cotización; estos fueron descargados desde la plataforma Yahoo Finanzas.

El precio de las acciones es convertido en logaritmos naturales para lograr resultados favorables más reales, su aplicación permite que su distribución sea normal o que alcancen una varianza constante y, posibilita a su vez la estabilización de la misma al estimar las desviaciones estándar. Esto permite un cálculo eficaz de los rendimientos diarios; que obtiene mediante la multiplicación de los logaritmos por la ponderación óptima asignada.

La estimación del VaR, usando un nivel de confianza del 95%, se realiza mediante dos métodos: el Método de estimación mediante varianza y covarianza y el Método histórico; el objetivo de este cálculo es conocer la variación que existe aplicando dos modelos

diferentes. Por ende, los resultados a generar presentarán variaciones, ya que cada uno de ellos proponen supuestos diferentes, el método histórico reúne todos los valores reales de los retornos de los activos durante un tiempo determinado; mientras que, el método de varianza y covarianza supone que los rendimientos de un portafolio son distribuidos normalmente y conociendo demás variables hace posible representar su distribución.

3.4 Optimización del portafolio.

Para la optimización del portafolio se necesita alcanzar la maximización del rendimiento minimizando el riesgo de los datos sujetos al análisis.

Se inician los cálculos con la estimación del promedio, varianza y desviación típica de los datos. La varianza de los activos nos demuestra el grado de variabilidad que tienen, en este caso los precios de las acciones, en forma individual con respecto a la media, mientras que la desviación típica es una medida de dispersión alterna de nuestros datos con respecto al valor promedio, es calculada mediante la raíz de la varianza.

La optimización nos permite conocer cuáles activos se consideran con un alto nivel de riesgo y cuáles no. Para optimizar los portafolios, es necesario establecer dos restricciones que corresponden a la Maximización de rentabilidad y Minimización de riesgo; esto se calcula mediante la herramienta soporte de Excel: Solver.

Esta herramienta es de vital importancia dentro del desarrollo de este estudio, debido para calcular el valor en riesgo de las empresas mencionadas anteriormente, se requiere una optimización de los portafolios, para hacerlo se necesita maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo de los activos que conforman dichas carteras.

Solver ajusta los valores de las celdas de las variables para que puedan cumplir con las restricciones establecidas. Una vez determinadas estas limitaciones, automáticamente las ponderaciones de las carteras cambiarán de valor, que normalmente se ubica cerca de la unidad para que la suma de las mismas dé 1; entonces, aquella cartera cuya ponderación se ubique más cerca de 1 será aquella en la que convendrá invertir mayor capital.

En este caso se toma en consideración las celdas de las ponderaciones óptimas asignadas y se incluye la condición, de manera que esta maximización viene dada por la siguiente forma:

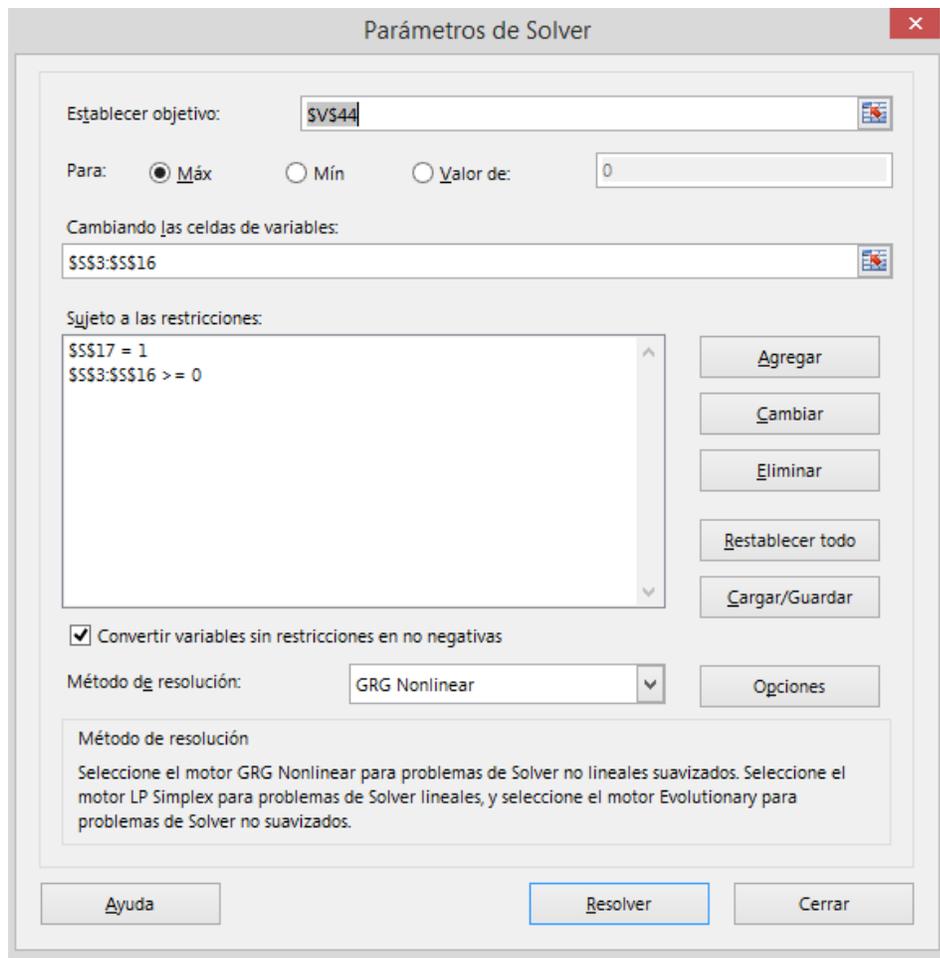


Ilustración 4 Parámetros SOLVER Maximización

Fuente: Excel.

Elaboración: Autora.

Estableciendo el objetivo, es decir la celda en donde se realiza el análisis y con las siguientes condiciones:

- Suma total de las ponderaciones óptimas: = 1
- Ponderaciones óptimas asignadas ≥ 0

La solución generada se refleja en los nuevos valores de las ponderaciones óptimas que se asignó al inicio; entonces nos muestra que cartera que ha maximizado su rentabilidad y que, para efectos de este análisis, sería el portafolio al cual se podrá invertir.

Este procedimiento se realiza de la misma manera para la minimización del riesgo, con las siguientes restricciones:

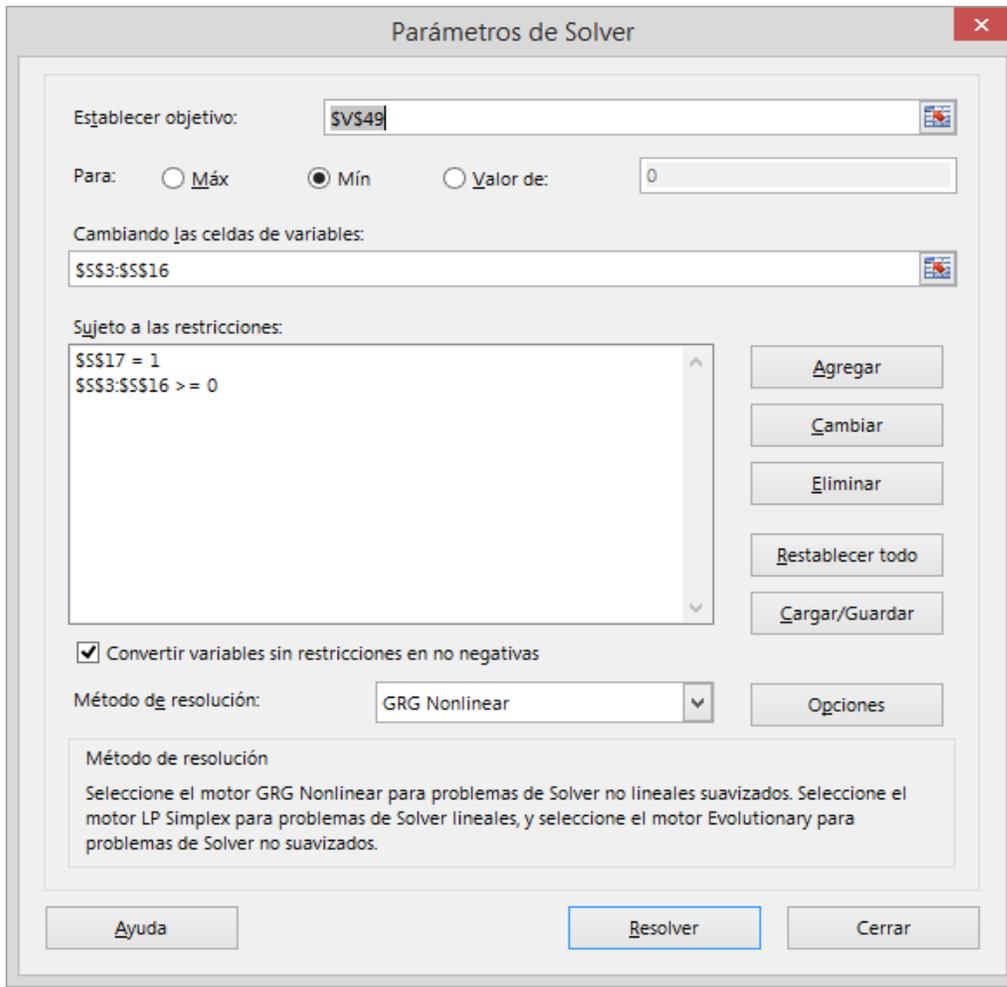


Ilustración 5 Parámetros SOLVER Minimización

Fuente: Excel.

Elaboración: Autora.

Suma total de las ponderaciones óptimas: = 1

- Ponderaciones óptimas asignadas ≥ 0

De igual manera, nos devuelve la solución de la cartera cuyos que contiene los activos que minimizan su riesgo, variando las ponderaciones óptimas asignadas.

Con estos valores, se calcula la rentabilidad total de los portafolios mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{SUMAPRODUCTO} = (\text{matriz 1}; \text{matriz 2} \dots)$$

(15)

En donde la matriz 1 son las varianzas de todas las carteras calculadas al principio y la matriz 2 las ponderaciones óptimas. Este procedimiento se lo realiza en la Maximización de rentabilidad y Minimización de riesgo en la estimación de los 3 portafolios: 13, 10 y 5 empresas.

3.5 Matriz de varianzas y covarianzas.

La creación de una matriz de varianzas y covarianzas es necesaria cuando los portafolios están compuestos por más de un activo, esta usa la descomposición del portafolio en todos sus elementos considerando factores como el riesgo y la rentabilidad. La igualdad, si los activos tienen una distribución normal, vendría dada de la siguiente manera (Klaic, 2014):

$$Var = -W_0 Z_{1-\alpha} \sigma_p \tag{16}$$

Donde:

W_0 = valor inicial del portafolio

$Z_{1-\alpha}$ = cuartil de distribución normal estándar

α = nivel de confianza

σ_p = raíz cuadrada del portafolio

La generación de esta matriz en Excel sigue los siguientes pasos: primeramente, debemos acceder a la herramienta Datos y dirigirnos hacia Análisis de datos, para luego seleccionar la opción a analizar, que en este caso sería covarianza:

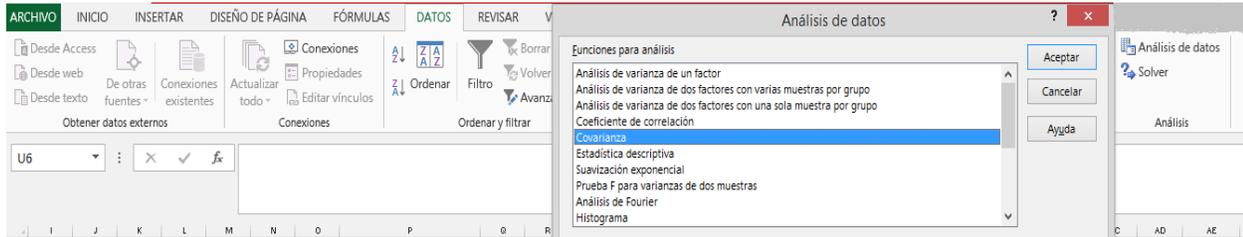


Ilustración 6 Covarianza

Fuente: Excel

Elaboración: Autora.

Esta herramienta nos emerge una nueva ventana para seleccionar parámetros como nuestro rango de entrada y salida de la matriz, en este caso nuestro rango de entrada corresponde a todos los precios de las acciones y el rango de salida la celda en donde se desea que aparezca la matriz; esto para crear la Matriz de varianza muestral, en los tres factores a analizar: Maximización de rentabilidad, Minimización de riesgo y Maximización de ratio sharpe (Ver anexos 1, 2 y 3).

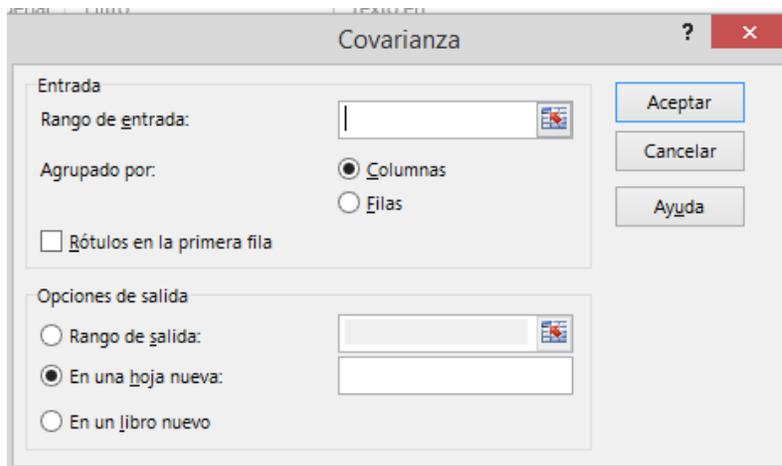


Ilustración 7 Covarianza

Fuente: Excel

Elaboración: Autora.

El mismo procedimiento se realiza para el cálculo de la Matriz de varianza poblacional. Como la optimización se llevará a cabo en 3 portafolios, de la misma manera se construyen 3 matrices de varianza muestral (Ver anexos 4, 5 y 6).

Es necesario calcular la varianza total de los 3 portafolios creados, con el fin de observar las variaciones en los resultados que presentan los mismos; se evalúan criterios de número de observaciones, empresas con carteras más rentables y menos riesgosas (Ver anexos 7 – 18).

La herramienta a utilizar viene dada por la siguiente fórmula:

$$MMULT = (\text{matriz 1, matriz 2 ...}) \quad (17)$$

Esta función devuelve el producto entre dos matrices, en este caso la matriz 1 son las ponderaciones óptimas y la matriz 2, los datos que conforman la matriz de varianza poblacional. La herramienta nos arroja un total de 13 resultados pertenecientes a las empresas analizadas; los cuales, al ser multiplicados por las ponderaciones óptimas, nos ayudan a estimar la varianza total del portafolio.

3.6 Ratio Sharpe.

Al inicio de este capítulo se explicó la metodología aplicada para la estimación adecuada del VaR; entre una de las herramientas se mencionó el cálculo del Ratio Sharpe.

Formulado por Sharpe(1964), es un índice que analiza la relación que existe entre la rentabilidad y la desviación estándar de un fondo de inversión, es decir, detalla la cantidad esperada del retorno en exceso recibido por la volatilidad extra asumida por mantener un activo riesgoso (Pérez, 2015).

Su cálculo viene dado por la siguiente expresión:

$$S = \frac{E(R - R_f)}{\sigma} \quad (18)$$

Donde:

R = rendimiento de la inversión

R_f = tasa libre de riesgo (rendimiento de inversión en referencia)

$E(R - R_f)$ = valor esperado del exceso de rendimiento de inversión en comparación con el retorno de la inversión de referencia.

σ = desviación estándar ; volatilidad de $E(R - R_f)$

Mientras más alto sea el valor resultante del Ratio Sharpe mejor será la rentabilidad del fondo, en relación al riesgo asumida en la misma. De manera que, a mayor volatilidad, mayor riesgo; debido a que la probabilidad de obtener retornos negativos en dicho fondo, aumenta mientras más volátiles sean sus rendimientos (Pérez, 2015).

Para estimar el Ratio Sharpe en Excel, se parte desde los resultados de varianza total del portafolio, mencionado anteriormente; con su desviación típica. Teniendo estos valores, se incluye otro criterio de cálculo, denominado Letras del tesoro.

Se denominan letras del tesoro a activos de renta fija a corto plazo que son emitidos al descuento por el tesoro del Estado; suponen un medio de financiamiento generando utilidades a forma de intereses fijos a quien lo posee, hasta su vencimiento, que usualmente varía desde los 3 a los 18 meses (Hernández, 2008).

Para los cálculos en esta investigación, se tomó en consideración las letras del tesoro americanas, cuyo valor es el del: 0.032%.

Con estos datos procedemos a calcular el Ratio Sharpe, el mismo estimado de la siguiente forma:

$$R/S = \frac{\text{rentabilidad total del portafolio} - \text{letra del tesoro}}{\text{desviación típica}} \quad (19)$$

3.7 Cálculo VaR.

Los métodos empleados para la estimación del VaR fueron explicados detalladamente en el capítulo anterior, por lo que a continuación se muestra su aplicación en los datos reales.

En las tablas 4 y 5 se detallan los parámetros usados en Excel, para la estimación del VaR:

Tabla 4 Cálculo VaR: método de simulación histórica.

Método simulación histórica.		
	Descripción.	Fórmula.
Número de observaciones	Corresponden a la totalidad de los datos: Rentabilidad diaria de las 14 empresas.	=CONTAR(valor1; valor2...)
Mínimo retorno diario	Valor mínimo del retorno diario de la rentabilidad diaria de las 14 empresas.	=MIN(valor 1; valor 2...)
Máximo retorno diario	Valor máximo del retorno diario de la rentabilidad diaria de las 14 empresas.	=MAX(valor 1; valor 2...)
Promedio de retorno diario	Promedio de la rentabilidad diaria de las 14 empresas.	=PROMEDIO (valor 1; valor 2...)
Distancia	Distancia entre dos puntos.	=(valor máximo – valor mínimo)
Nivel de confianza	95%	
5% menor de observaciones	Posición que se deja a la izquierda de la cola el 5% de las observaciones.	=REDONDEAR.MENOS((1 – nivel de confianza) * número de observaciones; 0)
5% VaR retorno diario		=K.ESIMO.MENOR(matriz, k) matriz: rentabilidades diarias k: 5% menor de obs.
Valor inicial	Monto de inversión inicial	
5% VaR	VaR estimado = pérdida máxima	=producto(5% VaR* valor inicial)

Fuente: Excel
Elaboración: Autora.

Tabla 5 Cálculo VaR: método de varianza y covarianza.

Método varianza y covarianza.		
	Descripción	Fórmula.
5% VaR	Inverso de la distribución normal acumulativa para la media y desviación estándar especificadas.	=DISTR.NORM.INV(probabilidad ,media, desv_estándar)
Valor inicial	Monto de inversión inicial	
5% valor del VaR	VaR estimado = pérdida máxima	=producto(valor inicial* 5% VaR)

Fuente: Excel
 Elaboración: Autora.

Para la correcta estimación del Valor en riesgo es de vital importancia el realizar simulacros acerca de las variaciones en el valor de la cartera o portafolio como resultado de posibles cambios en los precios o cotizaciones de los factores de riesgo; estas simulaciones se pueden generar mediante el Método de varianza y covarianza y el Método de simulación histórica (Longerstaey, 1996).

Aunque el objetivo de estos métodos sea el mismo existen varios factores que los diferencian. En el Método de simulación histórica se observa que la variación máxima que podría experimentar un portafolio mientras es expuesto al riesgo, se calcula como la máxima variación que este hubiera obtenido a lo largo de un periodo de tiempo determinado dentro de un percentil prefijado. Debido a la recolección de una gran cantidad de datos históricos, no se realizan hipótesis o supuestos acerca del comportamiento de sus rendimientos, sino que se observa realmente como es el mismo (Cabedo & Semper, 2003).

El método de varianza y covarianza también hace uso de una gran cantidad de datos en un periodo de tiempo determinado, solo que este supone que el rendimiento de los activos es normal y por ende el rendimiento del portafolio también lo será. El procedimiento de cálculo en este método es el más sencillo que el de los anteriores antes mencionados. Este método involucra una aproximación local de los cambios en los precios, así que, por lo tanto, el valor del portafolio solo se calcula una vez con los valores actuales de mercado (Cabedo & Semper, 2003).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS.

4. Ponderaciones.

Se procedió a calcular el valor en riesgo de 3 portafolios conformados por 13, 10 y 5 empresas, aplicando la metodología antes mencionada.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6 Resultados de ponderación: Portafolio 13 empresas

PONDERACIONES			
Portafolio 1: 13 Empresas			
EMPRESAS	Maximización Rentabilidad	Minimización de riesgo	Maximización Ratio Sharpe
American Vanguard Corporation	0.000000	0.000000	0.000000
Central Garden & Pet Company	0.000000	0.019336	0.000000
Bayer Crop, Inc.	0.000000	0.112307	0.000000
Fmc Corporation.	0.000000	0.038530	0.000000
Dow Dupont Chemicals	0.000000	0.035453	0.000000
Monsanto Company	1.000000	0.103031	0.000000
The Mosaic Company	0.000000	0.000000	1.000000
Gujarat Narmada V. Fertilizers	0.000000	0.025940	0.000000
The Scotts Miracle-Gro Company	0.000000	0.138556	0.000000
Terra Nitrogen Company, L.P	0.000000	0.023403	0.000000
NUFARM	0.000000	0.152515	0.000000
Hubei Xinyangfeng Fertilizer	0.000000	0.075266	0.000000
BASF AG.	0.000000	0.275664	0.000000
Total	1	1	1

Fuente: Excel.
Elaboración: Autora.

El análisis y optimización del portafolio se realiza en base a 3 lineamientos: 1) Maximización de rentabilidad, 2) Minimización de riesgo y 3) Maximización del ratio Sharpe.

En cuestiones de rentabilidad, la empresa cuya ponderación tiene el valor más significativo en comparación con el resto y que ocupa el 100% de la inversión, es la empresa Monsanto Company. Este resultado se genera principalmente por el valor del precio accionario y por la volatilidad de los mismos; en este caso estos valores no son tan volátiles como el resto, entonces se logra evidenciar un correcto manejo de los recursos financieros de la empresa.

En la Minimización del riesgo, la empresa cuyo valor de ponderación es menor es la empresa American V. representando el 0% de los resultados. Esta empresa logra disminuir notablemente uno de los factores externos más importantes, el riesgo. Asume una probabilidad menor que las demás compañías, en cuanto a la posibilidad de pérdida de inversión en sus acciones.

La norma principal en una inversión nos dice que a mayor riesgo mayor rentabilidad, en este caso debido a la variabilidad de los datos no se cumple este supuesto; esto depende de varios factores uno de ellos es la incertidumbre o las variaciones del mercado en el que estas empresas realizan sus actividades o el comportamiento de los inversores que han depositado su capital en los valores accionarios de las mismas.

Dentro de la minimización de riesgo estos valores se diversifican para cada una de las empresas, dando valores distintos para cada una de ellas, situación que no ocurre con los demás cálculos en donde el 100% del resultado se coloca en solamente una empresa. Eso es principalmente a que todos los activos de estas empresas tienen riesgo, en algunas ocasiones este valor es más grande que en otras, mientras que en ámbitos de rentabilidad el sistema elige a aquella empresa que sea rentable, sin considerar su riesgo.

La principal razón por la cual este resultado se generó, es debido a que la desviación de sus valores accionarios es menor en comparación con el resto, es decir, esta herramienta nos arroja un nivel de incertidumbre moderado y aceptable, en base a varios factores externos que en el mercado puedan suscitarse y que logren ocasionar pérdidas para la compañía y por ende a sus inversionistas.

El siguiente factor de análisis es el ratio sharpe, este representa a un índice que analiza la relación existente entre la rentabilidad y la desviación estándar de un fondo de inversión; en otras palabras, nos indica la rentabilidad de la inversión ajustada a su riesgo. Bajo este concepto, la empresa cuyos activos maximizaron este índice, es Mosaic, representando el 100% de la inversión inicial; entonces, cuanto mayor sea este valor, mejor será la rentabilidad en relación al riesgo adquirido en la inversión. En comparación con el resto este resultado indica que en esta empresa se considera rentable invertir.

Tabla 7 Resultados de ponderación: Portafolio 10 empresas.

PONDERACIONES			
Portafolio 2: 10 Empresas			
EMPRESAS	Maximización Rentabilidad	Minimización de riesgo	Maximización Ratio Sharpe
American Vanguard Corporation	0.000000	0.000000	0.000000
Central Garden & Pet Company	0.000000	0.048466	0.000000
Bayer Crop, Inc.	0.000000	0.232279	0.000000
Fmc Corporation.	1.000000	0.027522	0.000000
Dow Dupont Chemicals	0.000000	0.103953	0.000000
Monsanto Company	0.000000	0.192732	0.000000
The Mosaic Company	0.000000	0.000000	1.000000
Gujarat Narmada V. Fertilizers	0.000000	0.054043	0.000000
The Scotts Miracle-Gro Company	0.000000	0.269424	0.000000
Terra Nitrogen Company, L.P	0.000000	0.071581	0.000000
Total	1	1	1

Fuente: Excel.
Elaboración: Autora.

Es interesante conocer el comportamiento de la muestra cuando es más pequeña. Como se observa en la tabla 7, se ha analizado los mismos factores para la optimización del portafolio, solo que ahora se analizan solamente 10 empresas.

Con esta muestra, estos índices se comportan de manera distinta. La empresa que cubre el 100% de la inversión al momento de maximizar su rentabilidad es FMC Corporation; la situación financiera de esta compañía hace que los valores de sus precios accionarios se consideren más rentables en relación con las demás empresas; por lo que, al tomar una decisión de inversión en base a su rentabilidad, esta sería la opción más práctica.

En cuanto a minimizar el impacto que puedan tener los factores externos del mercado como amenazas para la situación económica de estas empresas; se observa que American V. es la empresa que logra disminuir el riesgo mencionado. Esta se comporta de manera similar con la muestra anterior, por lo que, si se construiría un portafolio con esta empresa, basándose en el riesgo, sería objeto de inversión.

Así la muestra ahora sea más pequeña, la empresa Mosaic maximiza nuevamente su ratio Sharpe, representando el 100% de la inversión. Continúa siendo más rentable, bajo análisis de este factor; y esto puede darse a que las representaciones de sus precios de acción son mayores en relación al resto.

Tabla 8 Resultados de ponderación: Portafolio 5 empresas

PONDERACIONES			
Portafolio 3: 5 empresas			
EMPRESAS	Maximización Rentabilidad	Minimización de riesgo	Maximización Ratio Sharpe
American Vanguard Corporation	0.000000	0.057626	0.057626
Central Garden & Pet Company	0.000000	0.097319	0.097319
Bayer Crop, Inc.	0.000000	0.368691	0.368691
Fmc Corporation.	1.000000	0.226182	0.226182
Dow Dupont Chemicals	0.000000	0.250182	0.250182
Total	1	1	1

Fuente: Excel.

Elaboración: Autora

En la tabla 8 se muestra los resultados con los mismos índices, pero con una muestra aún más pequeña, este portafolio cuenta con 5 empresas. En las cuales, la decisión de inversión varía con respecto a las muestras anteriores. Como se observa en la tabla 8 la empresa American V. es aquella cuyos valores coinciden con los índices de medición: Minimización de riesgo y Maximización de ratio sharpe con un 5,7%. Esta empresa en los 3 escenarios planteados muestra resultados favorables en control de riesgo, lo que significa que la misma dentro de esta muestra y si las decisiones del inversor se inclinan por estos factores, sería una decisión muy rentable para invertir

Tabla 9 Resultados VaR.

	Portafolio 1: 13 Empresas			Portafolio 2: 10 Empresas			Portafolio 3: 5 Empresas		
	Maximización Rentabilidad	Minimización de riesgo	Maximización Ratio Sharpe	Maximización Rentabilidad	Minimización de riesgo	Maximización Ratio Sharpe	Maximización Rentabilidad	Minimización de riesgo	Maximización Ratio Sharpe
Rentabilidad de cartera	0,043%	0,056%	0,102%	0,054%	0,061%	0,102%	0,054%	0,065%	0,065%
Minimización riesgo	2,071%	0,959%	3,197%	2,313%	1,359%	3,197%	2,313%	1,571%	1,571%
VaR histórico	\$ -51.896,85	\$ -51.896,85	\$ -43.992,78	\$ -40.780,04	\$ -40.780,04	\$ -43.992,78	\$ -33.355,43	\$ -33.355,43	\$ -22.255,27
VaR varianza y covarianza	\$ -33.642,94	\$ -15.218,02	\$ -51.560,24	\$ -37.516,42	\$ -21.745,84	\$ -51.560,24	\$ -37.516,42	\$ -25.188,83	\$ -25.188,83

Fuente: Excel.

Elaboración: Autora

En los capítulos anteriores se explicó teóricamente el procedimiento y los factores a considerar para estimar el VaR por el Método de varianza y covarianza y por el Método de Simulación histórica. Para poder calcular el Valor en riesgo de las empresas seleccionadas, se consideró varios factores; los mismos que surgieron en el análisis anterior con las ponderaciones; en la tabla 5 se mencionan todas las variantes utilizadas para dicha estimación, misma que se realizó en Excel en ambas ocasiones.

Para la estimación de ambos métodos es necesario contar con una muestra considerable por lo que el periodo de tiempo fue de 10 años; de esta manera no se presentó ningún supuesto de su distribución, sino que se observó la evolución real de sus datos.

El portafolio conformado por las 13 empresas, es decir con el 100% de la muestra, maximizó su rentabilidad en 0,043% mientras que el portafolio de 10 y de 5 lo hicieron en 0,054%. Esto demuestra que el comportamiento de la muestra varía positivamente mientras más pequeña esta sea; esto explica por qué el portafolio de 5 y de 10 empresas tienen un nivel más elevado de maximización

diaria. La decisión de inversión, varía de acuerdo al factor que se desea tomar en consideración; si al momento de invertir lo que más nos interesa es conocer el grupo de empresas que genera un nivel de ganancia diaria mayor que el resto, entonces la inversión total recaería en estos grupos.

La Minimización de riesgo es un factor muy importante. Los resultados en este caso, varían en los tres portafolios. El portafolio 1 minimiza su riesgo en un 0,056%, el portafolio 2 en un 0,061% y el 3 en un 0,065%; esto demuestra que mientras más pequeño sea el mismo, mayor es el nivel de control de riesgo.

Este resultado se puede generar en base a múltiples factores, tanto internos como externos; internos gracias al buen manejo administrativo y las decisiones estratégicas tomadas en estas empresas para estar preparados al riesgo y sobre todo a disminuir su impacto en la situación económica de las mismas; y externos debido a la localización geográfica de estas organizaciones; aunque pertenezcan al mismo sector, no todas están ubicadas estratégicamente, es decir donde saquen mayor provecho de sus actividades; entonces los diferentes mercados en los que se encuentran tienden a comportarse de manera distinta al resto, lo que ocasiona el surgimiento de varios factores riesgosos a los que las empresas deben protegerse.

Finalmente, se analiza los resultados del Valor en riesgo para cada uno de los portafolios. Cabe recalcar que se realizó los cálculos mediante dos métodos: Método de simulación histórica y Método de varianza y covarianza; con el fin de conocer la variación de los resultados y expresar cuál de estos es el más eficaz.

Para el cálculo del VaR por el método histórico, se necesita una base de datos bastante amplia con el fin de evitar suposiciones en la distribución de los mismos; de esta manera vemos resultados más reales, así como también su evolución, positiva o negativa, conforme el paso del tiempo. En este caso el periodo fue de 10 años, desde el 2007 hasta el 2017.

Los resultados que se observan en la tabla anterior, corresponden a la pérdida máxima diaria que se puede generar al invertir en estos portafolios. Para el cálculo del VaR mediante el método histórico se tomó en consideración distintas variables, como el número total de observaciones, la distancia entre estas, se estableció un nivel de probabilidad del 5% y se estimó un capital de inversión de \$ 1.000.000.

Bajo los mismos parámetros de medición; maximizando su rentabilidad los portafolios 1,2 y 3 presentan pérdidas de: \$51.896,85; \$ 40.780,04 y \$ 33.335,43, respectivamente; valores que resultan ser muy elevados en donde no se obtiene ningún valor correspondiente a retornos esperados y por donde no se inclinaría la decisión de inversión. En la Minimización de riesgo, estos valores coinciden, esta similitud se genera debido al peso porcentual de

las empresas analizadas, de manera que si, bajo estos lineamientos, se añadiera más empresas los valores volvieran a coincidir.

Maximizando el ratio sharpe podemos observar que las pérdidas no son tan elevadas, es decir los portafolios devuelven valores irrecuperables de \$43.992,78; \$43.992,78 y \$22.955,27. Aquí notamos la igualdad de valores en los portafolios 1 y 2, mientras que el 3 conformado por empresas como: American Vanguard Corporation, Central Garden & Pet Company, Bayer Crop, Inc., Fmc Corporation y Dow Dupont Chemicals, pierde la menor cantidad de dinero en todos los parámetros sujetos al análisis con el método histórico, de manera que si se llegase a realizar una inversión; en esta opción se perdería una cantidad menor de recursos.

El siguiente método aplicado es el método de varianza y covarianza que, como se explicó anteriormente admite la distribución normal de los activos y por ende del rendimiento del portafolio que conforman estos activos. El cálculo de este método es sencillo, solamente involucra la generación de la matriz de varianzas y covarianzas y la ponderación actual de los activos, en nuestro caso de los precios accionarios de las empresas.

Los resultados arrojan pérdidas nuevamente y coincidencias en estos valores en dos portafolios, de manera que el portafolio 1 muestra una pérdida de \$37.516,42 y las siguientes carteras \$ 37.516,42. Con la minimización de riesgo los valores no son tan elevados, de hecho, en este factor se encuentra el valor más bajo de pérdida diaria comprando inclusive, ambos métodos.

Este valor de \$ 15.218,02 corresponde al portafolio 1, aquel que incluye el 100% de la muestra; mientras que se observa perdidas de \$ 21.745,84 y \$ 25.188,83 en los siguientes portafolios. Bajo el análisis de maximización de Ratio Sharpe se ubican los valores más elevados en pérdidas para las carteras, el portafolio 1 obtiene perdidas de \$ 51.560,24 mientras que el 3 de \$ 25.188,83

El objeto de cualquier inversión es generar utilidades por el capital invertido, en este caso no se obtiene recuperación del mismo. No se considera recomendable invertir en las empresas sujetas al análisis; lo que sí podría ser beneficioso es diversificar el riesgo creando portafolios con alguna de estas empresas, la cual puede seleccionarse en base al análisis establecido tomando en cuenta su ponderación.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo principal de esta investigación era calcular el valor de pérdida o ganancia máxima que podía generarse invirtiendo en un portafolio establecido. La misma se realizó en base a dos métodos específicos: Método de simulación histórica y Método de varianza y covarianza.

Alonso & Chaves (2011) en su investigación concluyen que existen diferencias en las estimaciones del VaR mediante la aplicación de varios métodos de cálculo; en esta investigación sucede una situación similar, los resultados generados varían, las pérdidas máximas diarias de los portafolios incrementan y disminuyen. Aunque no todos los métodos utilizados coinciden en ambas investigaciones la idea de la variación en resultados, se mantiene.

Concordando con Alonso (2005), este modelo no paramétrico no necesita realizar un supuesto en la distribución de los rendimientos, puesto que recoge datos de series históricas reales de la empresa; de esta manera se puede observar como es en realidad su distribución, variación y comportamiento. En nuestro caso se observó un valor de pérdida más elevado que aquel obtenido con el segundo método antes mencionado.

En la investigación realizada por Klaic (2014) se evidencian resultados que presentan un nivel de riesgo y rentabilidad elevada; en esta investigación no se evidencian resultados bajo este parámetro, existen carteras con un nivel de riesgo muy favorable pero su rentabilidad no es eficiente.

Según Klaic (2014) y Otárola (2001), el método de simulación histórica tiene múltiples ventajas, entre ellas se encuentra el supuesto de que los datos actuales se crearon en base a años anteriores y que son netamente reales y, la no necesidad de crear una matriz de varianza y covarianzas ni distribuciones de probabilidad, en caso de que la muestra sea muy grande.

Debido al objeto de este análisis, si se procedió a crear dicha matriz para realizar el cálculo del VaR mediante este método, debido a que la muestra correspondía a valores diarios dentro de un periodo de 10 años.

CONCLUSIONES.

1. No existe una moderada cantidad de información teórica que sirva de guía para la realización de este tema de investigación, la falta de estudios realizados previamente obstaculiza el correcto análisis del mismo; sin embargo, con las fuentes recopiladas se ha podido construir un correcto estudio.
2. El efecto externo más preocupante para cualquier empresa, es el riesgo. La incertidumbre del bienestar económico o crisis financiera, hace de vital importancia emplear herramientas de cálculo que logren demostrar el nivel de riesgo al que se está expuesto. Una de estas herramientas es el Valor en Riesgo (VaR), un método de cálculo que devuelve el valor total de la posible pérdida dentro de una inversión.
3. El objetivo principal de esta investigación se cumplió, de manera que se logró observar las variaciones de los datos en análisis mediante la aplicación de dos métodos de cálculo antes mencionados. La muestra constaba de datos completamente reales, por lo que se pudo observar con certeza su distribución y su comportamiento en el mercado.
4. En un aspecto general los resultados generados en esta investigación muestran pérdidas diarias muy elevadas en relación al capital invertido, no obstante, si analizamos las empresas particularmente podemos observar que algunas muestran tener resultados positivos. Este es el caso de la empresa estadounidense American Vanguard Corporation la misma que en los tres escenarios demostró un mayor control de riesgo, demostrando en los dos primeros portafolios una minimización de riesgo de 0% y en el tercero 5,7%.
5. Al decidir invertir sin tomar en cuenta el nivel de riesgo y solamente la rentabilidad del portafolio, la empresa cuya rentabilidad es mejor en el primer y segundo portafolio es Monsanto Company con el 100% de la ponderación y en el siguiente es la empresa FMC de igual manera con el 100% de representación en la muestra.
6. Si bien es cierto los tres portafolios muestran pérdidas muy elevadas, la pérdida más baja se ubica en el portafolio 1 estimando el VaR mediante el método de varianza y covarianza, este portafolio y el portafolio 2 son aquellos cuya rentabilidad es del 0,102% siendo la más elevada, no obstante, el nivel de riesgo de ambos portafolios es igualmente más elevado, mostrando el 3,197% de riesgo.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda considerar el presente trabajo como base para futuros estudios relacionados con la importancia del mercado bursátil en el Ecuador.
2. Se recomienda el desarrollo de más investigaciones acerca de las diversas herramientas de control y medición de riesgo para poder, no solamente, generar inversiones adecuadas y eficientes, sino que también mantener una correcta administración a nivel empresarial.
3. Se aconseja aplicar la herramienta del VaR en otros sectores económicos, aquellos que dominen o abarquen casi todo el mercado nacional como internacional; es una excelente opción que motiva al uso de este tipo de instrumentos y a su vez impulsa a los inversores a obtener más información que los prepare completamente ante el riesgo.
4. Para la generación y optimización de un portafolio de inversión se debe procurar obtener una combinación eficaz de sus principales elementos: riesgo y rentabilidad, para ello se recomienda la diversificación del mismo, con el fin de dispersar o disminuir el riesgo al que está expuesto y obtener mayores beneficios económicos.

BIBLIOGRAFÍA.

- BAZZANI C., C., & CRUZ TREJOS, E. (2008). *ANÁLISIS DE RIESGO EN PROYECTOS DE INVERSIÓN UN CASO DE ESTUDIO*. Scientia Et Technica, XIV (38), 309-314.
- Betancourt, K., García, C., Lozano, V. 2013 "*Teoría de Markowitz con metodología EWMA para la toma de decisión sobre cómo invertir su dinero*". 73-74
- Beymar, Jairo. (2017). Propuesta de cálculo de índice bursátil para el mercado financiero boliviano. Revista Perspectivas, (39), 43-74 Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S19943733201700010003&lng=es&tlng=es.
- Brun,X.,& Moreno, M. (2012). *Análisis y selección de inversiones en mercados financieros*. Barcelona, España.
- Cabedo Semper, J., & Moya, C. (2003). *EL VALOR EN RIESGO DE UNA CARTERA: UNA APROXIMACIÓN DE SIMULACIÓN HISTÓRICA* [Ebook] (1st ed., pp. 229-250). Valencia: Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Retrieved from [http://file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-EIValorEnRiesgoDeUnaCartera-713495%20\(1\).pdf](http://file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-EIValorEnRiesgoDeUnaCartera-713495%20(1).pdf)
- Cobo, A. *La selección de Carteras desde Markowits*. Formato PDF. Bogotá.
- Coronel, H. (2010). *Construcción de la Frontera Eficiente de Markowitz mediante el uso de la herramienta SOLVER de Excel y el modelo Matricial*. (Postgrado). Universidad del Oriente.
- Diranzo, F., & Ferrer, V. (2013). *La globalización de los mercados financieros internacionales* (Pregado). Universidad de Valencia.
- Feria, J., & Oliver, M. (2006). *Más allá del Valor en Riesgo* (Pregrado). Universidad de Pablo Olavide.
- Fuquen, J., & Rozo, D (06 de agosto de 2018). Antecedentes y elementos teóricos básicos y conceptuales del Modelo de Markowitz. Recuperado de Gestión & Sociedad Universidad La Salle: <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/gs/article/view/2263/2060>

- González, S., & Mascareñas, J. (2015). La globalización de los mercados financieros. Universidad Complutense De Madrid, 172(199), 15-35. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/242693165_La_globalizacion_de_los_mercados_financieros
- Harper, D. (2017). An Introduction to Value at Risk (VAR). Retrieved from <https://www.investopedia.com/articles/04/092904.asp>
- Hernández, J. (2008). Letra del tesoro. Retrieved from <http://economipedia.com/definiciones/letra-del-tesorohtml>
- Klaic, R. (2014). *Métodos de estimación del "Value at Risk" para portafolios de inversiones con tres activos*. (Pregrado). Universidad de los Hemisferios.
- Lorencilla, A. (2015). Línea del mercado de valores. Retrieved from <https://prezi.com/mbqhan94pt6k/linea-del-mercado-de-valores/>
- Mascareñas, J. (2012). *Gestión de Carteras I: Selección de Carteras (Monografía)*. Universidad Complutense de Madrid.
- Mascareñas, J. (2008). *Introducción al VaR (Monografía)*. Universidad Complutense de Madrid.
- Markowitz, H. (1952). *Mean-Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital markets*. Oxford: Basil Blackwell.
- MORI, A.; OHSAWA, M.; SHIMIZU, T. (1996): "Calculation of Value at Risk and risk return simulation" Discussion Papers Series, num. 96-E-8. Institut for Monetary and Economic Studies (Bank of Japan)
- Novales, A. (2016). *Valor en Riesgo*. Doctorado. Universidad Complutense.
- Otárola, C. (2001) *Aplicación de la teoría del "Valor en riesgo" a títulos del sector público*. San José: UCR-FUNDEPOS.
- Ribal, J., Segura, B., & Guadalajara, N. (2003). *Modelos modificados de Sharpe para el mercado de la tierra en España*. (Pregrado). Universidad Politécnica de Valencia.
- Roberto, H. (1998). Metodología de la investigación. (2nd ed., pp. 1-37). México.

- Rodríguez, A. (2009). *Las inversiones financieras*. Licenciatura. Universidad de León.
- Ross, S (1976). *The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing*, Journal of Economic Theory, 13, (3), 341-360.
- Salinas Ávila, J. (2009). *Metodologías de medición del riesgo de mercado*. *Revista De La Universidad Nacional De Colombia.*, 19(34), 187-199.
- Sharpe. (1964). Capital asset prices: *A theory of market equilibrium under conditions of risk*, *Journal of Financer*. 425-442.
- Tagliafichi, R. (2013). CALCULO DE VAR PARA UN PORTAFOLIO DE PRÉSTAMOS (pp. 1-19).
- Tobin, J. (1958). Liquidity preference as behavior towards risk, *The Review of Economic Studies*,.25.
- Universidad Carlos III de Madrid. (2007). *El modelo de valoración de activos CAPM* (pp. 13-24). Madrid.: Creative Commons BY-NC-SA.

ANEXOS

A.1. Matriz muestral Portafolio 1: Maximización de rentabilidad.

Matriz varianza muestral													
	AMERICAN V.	CENTRAL GARDEN	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA	NUFARM	HUBEI	BASF AG.
AMERICAN V.	0.00106396	0.000298006	4.54733E-05	0.000316387	0.000272551	0.000235431	0.000363653	3.92053E-05	0.000226641	0.000216962	-1.6187E-05	2.82912E-05	-4.2853E-06
CENTRAL GARDEN	0.00029801	0.001053098	3.62356E-05	0.000244571	0.000233793	0.000140576	0.000226277	4.50037E-05	0.00019771	0.000159269	-1.6667E-05	-1.69259E-06	2.1098E-05
BAYER	4.5473E-05	3.62356E-05	0.000631722	2.07554E-05	1.22933E-05	3.0423E-05	5.57599E-05	0.000324139	2.94299E-05	4.24502E-05	1.7742E-05	2.03253E-05	-6.0518E-06
FMC	0.00031639	0.000244571	2.07554E-05	0.000535175	0.000304157	0.000269799	0.000442885	1.62463E-05	0.000193278	0.000233549	-1.1295E-05	4.97597E-06	-2.0014E-05
DOWDUPONT	0.00027255	0.000233793	1.22933E-05	0.000304157	0.000539773	0.00022838	0.000316937	1.45704E-05	0.000177002	0.000188858	8.72944E-06	1.74552E-05	-7.046E-07
MONSANTO	0.00023543	0.000140576	3.0423E-05	0.000269799	0.00022838	0.000429087	0.000424906	2.10849E-05	0.000142493	0.000243422	-9.001E-06	1.14461E-05	-8.1507E-06
MOSAIC	0.00036365	0.000226277	5.57599E-05	0.000442885	0.000316937	0.000424906	0.001021948	4.51696E-05	0.000209224	0.000435796	-1.0555E-05	1.77585E-05	-6.7275E-06
GUJARAT	3.9205E-05	4.50037E-05	0.000324139	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	0.001757285	1.62007E-05	2.61569E-05	1.70823E-06	3.94415E-05	-7.0408E-07
THE SCOTTS	0.00022664	0.00019771	2.94299E-05	0.000193278	0.000177002	0.000142493	0.000209224	1.62007E-05	0.000394284	0.000139468	-7.6754E-06	5.19994E-06	-3.6442E-06
TERRA	0.00021696	0.000159269	4.24502E-05	0.000233549	0.000188858	0.000243422	0.000435796	2.61569E-05	0.000139468	0.000770344	1.70562E-05	2.83079E-05	2.48005E-06
NUFARM	-1.6187E-05	-1.66671E-05	1.7742E-05	-1.12948E-05	8.72944E-06	-9.00099E-06	-1.05551E-05	1.70823E-06	-7.6754E-06	1.70562E-05	0.00059263	4.25939E-05	-5.5336E-06
HUBEI	2.8291E-05	-1.69259E-06	2.03253E-05	4.97597E-06	1.74552E-05	1.14461E-05	1.77585E-05	3.94415E-05	5.19994E-06	2.83079E-05	4.25939E-05	0.00111093	-1.7018E-05
BASF AG.	-4.2853E-06	2.1098E-05	-6.0518E-06	-2.00145E-05	-7.04596E-07	-8.1507E-06	-6.72751E-06	-7.04083E-07	-3.6442E-06	2.48005E-06	-5.5336E-06	-1.70179E-05	0.00035028

Ilustración 8 Matriz muestral. Portafolio 1: Maximización de rentabilidad

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.2. Matriz muestral Portafolio 1: Minimización de riesgo.

Matriz varianza muestral													
	AMERICAN V. ENTRAL GARDE	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA	NUFARM	HUBEI	BASF AG.	
AMERICAN V.	0.00106396	0.000298006	4.54733E-05	0.000316387	0.000272551	0.000235431	0.000363653	3.92053E-05	0.000226641	0.000216962	-1.6187E-05	2.82912E-05	-4.2853E-06
CENTRAL GARDEN	0.00029801	0.001053098	3.62356E-05	0.000244571	0.000233793	0.000140576	0.000226277	4.50037E-05	0.00019771	0.000159269	-1.6667E-05	-1.69259E-06	2.1098E-05
BAYER	4.5473E-05	3.62356E-05	0.000631722	2.07554E-05	1.22933E-05	3.0423E-05	5.57599E-05	0.000324139	2.94299E-05	4.24502E-05	1.7742E-05	2.03253E-05	-6.0518E-06
FMC	0.00031639	0.000244571	2.07554E-05	0.000535175	0.000304157	0.000269799	0.000442885	1.62463E-05	0.000193278	0.000233549	-1.1295E-05	4.97597E-06	-2.0014E-05
DOWDUPONT	0.00027255	0.000233793	1.22933E-05	0.000304157	0.000539773	0.00022838	0.000316937	1.45704E-05	0.000177002	0.000188858	8.72944E-06	1.74552E-05	-7.046E-07
MONSANTO	0.00023543	0.000140576	3.0423E-05	0.000269799	0.00022838	0.000429087	0.000424906	2.10849E-05	0.000142493	0.000243422	-9.001E-06	1.14461E-05	-8.1507E-06
MOSAIC	0.00036365	0.000226277	5.57599E-05	0.000442885	0.000316937	0.000424906	0.001021948	4.51696E-05	0.000209224	0.000435796	-1.0555E-05	1.77585E-05	-6.7275E-06
GUJARAT	3.9205E-05	4.50037E-05	0.000324139	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	0.001757285	1.62007E-05	2.61569E-05	1.70823E-06	3.94415E-05	-7.0408E-07
THE SCOTTS	0.00022664	0.00019771	2.94299E-05	0.000193278	0.000177002	0.000142493	0.000209224	1.62007E-05	0.000394284	0.000139468	-7.6754E-06	5.19994E-06	-3.6442E-06
TERRA	0.00021696	0.000159269	4.24502E-05	0.000233549	0.000188858	0.000243422	0.000435796	2.61569E-05	0.000139468	0.000770344	1.70562E-05	2.83079E-05	2.48005E-06
NUFARM	-1.6187E-05	-1.66671E-05	1.7742E-05	-1.12948E-05	8.72944E-06	-9.00099E-06	-1.05551E-05	1.70823E-06	-7.6754E-06	1.70562E-05	0.00059263	4.25939E-05	-5.5336E-06
HUBEI	2.8291E-05	-1.69259E-06	2.03253E-05	4.97597E-06	1.74552E-05	1.14461E-05	1.77585E-05	3.94415E-05	5.19994E-06	2.83079E-05	4.25939E-05	0.00111093	-1.7018E-05
BASF AG.	-4.2853E-06	2.1098E-05	-6.0518E-06	-2.00145E-05	-7.04596E-07	-8.1507E-06	-6.72751E-06	-7.04083E-07	-3.6442E-06	2.48005E-06	-5.5336E-06	-1.70179E-05	0.00035028

Ilustración 9 Matriz muestral. Portafolio 1: Minimización de riesgo.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.3. Matriz muestral Portafolio 1: Maximización de ratio sharpe.

Matriz varianza muestral													
0	AMERICAN V.	ENTRAL GARDE	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA	NUFARM	HUBEI	BASF AG.
AMERICAN V.	0.001063957	0.000298006	4.54733E-05	0.000316387	0.000272551	0.000235431	0.000363653	3.92053E-05	0.000226641	0.000216962	-1.6187E-05	2.82912E-05	-4.2853E-06
CENTRAL GARDEN	0.000298006	0.001053098	3.62356E-05	0.000244571	0.000233793	0.000140576	0.000226277	4.50037E-05	0.00019771	0.000159269	-1.6667E-05	-1.69259E-06	2.1098E-05
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	0.000631722	2.07554E-05	1.22933E-05	3.0423E-05	5.57599E-05	0.000324139	2.94299E-05	4.24502E-05	1.7742E-05	2.03253E-05	-6.0518E-06
FMC	0.000316387	0.000244571	2.07554E-05	0.000535175	0.000304157	0.000269799	0.000442885	1.62463E-05	0.000193278	0.000233549	-1.1295E-05	4.97597E-06	-2.0014E-05
DOWDUPONT	0.000272551	0.000233793	1.22933E-05	0.000304157	0.000539773	0.00022838	0.000316937	1.45704E-05	0.000177002	0.000188858	8.72944E-06	1.74552E-05	-7.046E-07
MONSANTO	0.000235431	0.000140576	3.0423E-05	0.000269799	0.00022838	0.000429087	0.000424906	2.10849E-05	0.000142493	0.000243422	-9.001E-06	1.14461E-05	-8.1507E-06
MOSAIC	0.000363653	0.000226277	5.57599E-05	0.000442885	0.000316937	0.000424906	0.001021948	4.51696E-05	0.000209224	0.000435796	-1.0555E-05	1.77585E-05	-6.7275E-06
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	0.000324139	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	0.001757285	1.62007E-05	2.61569E-05	1.70823E-06	3.94415E-05	-7.0408E-07
THE SCOTTS	0.000226641	0.00019771	2.94299E-05	0.000193278	0.000177002	0.000142493	0.000209224	1.62007E-05	0.000394284	0.000139468	-7.6754E-06	5.19994E-06	-3.6442E-06
TERRA	0.000216962	0.000159269	4.24502E-05	0.000233549	0.000188858	0.000243422	0.000435796	2.61569E-05	0.000139468	0.000770344	1.70562E-05	2.83079E-05	2.48005E-06
NUFARM	-1.61869E-05	-1.66671E-05	1.7742E-05	-1.12948E-05	8.72944E-06	-9.00099E-06	-1.05551E-05	1.70823E-06	-7.6754E-06	1.70562E-05	0.00059263	4.25939E-05	-5.5336E-06
HUBEI	2.82912E-05	-1.69259E-06	2.03253E-05	4.97597E-06	1.74552E-05	1.14461E-05	1.77585E-05	3.94415E-05	5.19994E-06	2.83079E-05	4.25939E-05	0.00111093	-1.7018E-05
BASF AG.	-4.28528E-06	2.1098E-05	-6.0518E-06	-2.00145E-05	-7.04596E-07	-8.1507E-06	-6.72751E-06	-7.04083E-07	-3.6442E-06	2.48005E-06	-5.5336E-06	-1.70179E-05	0.00035028

Ilustración 10 Matriz muestral. Portafolio 1: Maximización de ratio sharpe.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.4. Matriz muestral Portafolio 2: Maximización de rentabilidad.

Matriz varianza muestral										
	AMERICAN V.	NTRAL GARDI	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA
AMERICAN V.	0.001063957	0.00029801	4.5473E-05	0.00031639	0.00027255	0.000235431	0.00036365	3.9205E-05	0.00022664	0.00021696
CENTRAL GARDEN	0.000298006	0.0010531	3.6236E-05	0.00024457	0.00023379	0.000140576	0.00022628	4.5004E-05	0.00019771	0.00015927
BAYER	4.54733E-05	3.6236E-05	0.00063172	2.0755E-05	1.2293E-05	3.0423E-05	5.576E-05	0.00032414	2.943E-05	4.245E-05
FMC	0.000316387	0.00024457	2.0755E-05	0.00053517	0.00030416	0.000269799	0.00044289	1.6246E-05	0.00019328	0.00023355
DOWDUPONT	0.000272551	0.00023379	1.2293E-05	0.00030416	0.00053977	0.00022838	0.00031694	1.457E-05	0.000177	0.00018886
MONSANTO	0.000235431	0.00014058	3.0423E-05	0.0002698	0.00022838	0.000429087	0.00042491	2.1085E-05	0.00014249	0.00024342
MOSAIC	0.000363653	0.00022628	5.576E-05	0.00044289	0.00031694	0.000424906	0.00102195	4.517E-05	0.00020922	0.0004358
GUJARAT	3.92053E-05	4.5004E-05	0.00032414	1.6246E-05	1.457E-05	2.10849E-05	4.517E-05	0.00175729	1.6201E-05	2.6157E-05
THE SCOTTS	0.000226641	0.00019771	2.943E-05	0.00019328	0.000177	0.000142493	0.00020922	1.6201E-05	0.00039428	0.00013947
TERRA	0.000216962	0.00015927	4.245E-05	0.00023355	0.00018886	0.000243422	0.0004358	2.6157E-05	0.00013947	0.00077034

Ilustración 11 Matriz muestral. Portafolio 2: Maximización de rentabilidad.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.5. Matriz muestral Portafolio 2: Minimización de riesgo.

Matriz varianza muestral										
	AMERICAN V.	CENTRAL GARDEN	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA
AMERICAN V.	0.00106396	0.00029801	4.5473E-05	0.00031639	0.00027255	0.00023543	0.00036365	3.9205E-05	0.00022664	0.00021696
CENTRAL GARDEN	0.00029801	0.0010531	3.6236E-05	0.00024457	0.00023379	0.00014058	0.00022628	4.5004E-05	0.00019771	0.00015927
BAYER	4.5473E-05	3.6236E-05	0.00063172	2.0755E-05	1.2293E-05	3.0423E-05	5.576E-05	0.00032414	2.943E-05	4.245E-05
FMC	0.00031639	0.00024457	2.0755E-05	0.00053517	0.00030416	0.0002698	0.00044289	1.6246E-05	0.00019328	0.00023355
DOWDUPONT	0.00027255	0.00023379	1.2293E-05	0.00030416	0.00053977	0.00022838	0.00031694	1.457E-05	0.000177	0.00018886
MONSANTO	0.00023543	0.00014058	3.0423E-05	0.0002698	0.00022838	0.00042909	0.00042491	2.1085E-05	0.00014249	0.00024342
MOSAIC	0.00036365	0.00022628	5.576E-05	0.00044289	0.00031694	0.00042491	0.00102195	4.517E-05	0.00020922	0.0004358
GUJARAT	3.9205E-05	4.5004E-05	0.00032414	1.6246E-05	1.457E-05	2.1085E-05	4.517E-05	0.00175729	1.6201E-05	2.6157E-05
THE SCOTTS	0.00022664	0.00019771	2.943E-05	0.00019328	0.000177	0.00014249	0.00020922	1.6201E-05	0.00039428	0.00013947
TERRA	0.00021696	0.00015927	4.245E-05	0.00023355	0.00018886	0.00024342	0.0004358	2.6157E-05	0.00013947	0.00077034

Ilustración 12 Matriz muestral. Portafolio 2: Minimización de riesgo.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.6. Matriz muestral Portafolio 2: Maximización de ratio sharpe.

Matriz varianza muestral										
	AMERICAN V.	NTRAL GARDI	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA
AMERICAN V.	0.001063957	0.00029801	4.5473E-05	0.00031639	0.00027255	0.00023543	0.00036365	3.9205E-05	0.00022664	0.00021696
CENTRAL GARDEN	0.000298006	0.0010531	3.6236E-05	0.00024457	0.00023379	0.00014058	0.00022628	4.5004E-05	0.00019771	0.00015927
BAYER	4.54733E-05	3.6236E-05	0.00063172	2.0755E-05	1.2293E-05	3.0423E-05	5.576E-05	0.00032414	2.943E-05	4.245E-05
FMC	0.000316387	0.00024457	2.0755E-05	0.00053517	0.00030416	0.0002698	0.00044289	1.6246E-05	0.00019328	0.00023355
DOWDUPONT	0.000272551	0.00023379	1.2293E-05	0.00030416	0.00053977	0.00022838	0.00031694	1.457E-05	0.000177	0.00018886
MONSANTO	0.000235431	0.00014058	3.0423E-05	0.0002698	0.00022838	0.00042909	0.00042491	2.1085E-05	0.00014249	0.00024342
MOSAIC	0.000363653	0.00022628	5.576E-05	0.00044289	0.00031694	0.00042491	0.00102195	4.517E-05	0.00020922	0.0004358
GUJARAT	3.92053E-05	4.5004E-05	0.00032414	1.6246E-05	1.457E-05	2.1085E-05	4.517E-05	0.00175729	1.6201E-05	2.6157E-05
THE SCOTTS	0.000226641	0.00019771	2.943E-05	0.00019328	0.000177	0.00014249	0.00020922	1.6201E-05	0.00039428	0.00013947
TERRA	0.000216962	0.00015927	4.245E-05	0.00023355	0.00018886	0.00024342	0.0004358	2.6157E-05	0.00013947	0.00077034

Ilustración 13 Matriz muestral. Portafolio 2: Maximización de ratio sharpe.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.7. Matriz muestral Portafolio 3: Maximización de rentabilidad.

Matriz muestral					
	<i>AMERICAN V.</i>	<i>ENTRAL GARDEI</i>	<i>BAYER</i>	<i>FMC</i>	<i>DOWDUPONT</i>
AMERICAN V.	0.001063957	0.000298006	4.54733E-05	0.000316387	0.00027255
CENTRAL GARDEI	0.000298006	0.001053098	3.62356E-05	0.000244571	0.00023379
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	0.000631722	2.07554E-05	1.2293E-05
FMC	0.000316387	0.000244571	2.07554E-05	0.000535175	0.00030416
DOWDUPONT	0.000272551	0.000233793	1.22933E-05	0.000304157	0.00053977

Ilustración 14 Matriz muestral. Portafolio 3: Maximización de rentabilidad

Fuente: Autora.

Elaboración: Autora.

A.8. Matriz muestral Portafolio 3: Minimización de riesgo.

Matriz muestral					
	<i>AMERICAN V.</i>	<i>ENTRAL GARDEI</i>	<i>BAYER</i>	<i>FMC</i>	<i>DOWDUPONT</i>
AMERICAN V.	0.001063957	0.000298006	4.54733E-05	0.000316387	0.00027255
CENTRAL GARI	0.000298006	0.001053098	3.62356E-05	0.000244571	0.00023379
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	0.000631722	2.07554E-05	1.2293E-05
FMC	0.000316387	0.000244571	2.07554E-05	0.000535175	0.00030416
DOWDUPONT	0.000272551	0.000233793	1.22933E-05	0.000304157	0.00053977

Ilustración 15 Matriz muestral. Portafolio 3: Minimización de riesgo.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.9. Matriz muestral Portafolio 3: Maximización de ratio sharpe.

Matriz muestral					
	<i>AMERICAN V.</i>	<i>ENTRAL GARDEI</i>	<i>BAYER</i>	<i>FMC</i>	<i>DOWDUPONT</i>
AMERICAN V.	0.001063957	0.000298006	4.54733E-05	0.000316387	0.00027255
CENTRAL GARI	0.000298006	0.001053098	3.62356E-05	0.000244571	0.00023379
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	0.000631722	2.07554E-05	1.2293E-05
FMC	0.000316387	0.000244571	2.07554E-05	0.000535175	0.00030416
DOWDUPONT	0.000272551	0.000233793	1.22933E-05	0.000304157	0.00053977

Ilustración 16 Matriz muestral. Portafolio 3: Maximización de ratio sharpe.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.10. Matriz poblacional Portafolio 1: Maximización de rentabilidad.

Matriz varianza población													
	AMERICAN V.	CENTRAL GARDEN	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA	NUFARM	HUBEI	BASF AG.
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04	2.35431E-04	3.63653E-04	3.92053E-05	2.26641E-04	2.16962E-04	-1.61869E-05	2.82912E-05	-4.28528E-06
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04	1.40576E-04	2.26277E-04	4.50037E-05	1.97710E-04	1.59269E-04	-1.66671E-05	-1.69259E-06	2.10980E-05
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05	3.04230E-05	5.57599E-05	3.24139E-04	2.94299E-05	4.24502E-05	1.77420E-05	2.03253E-05	-6.05180E-06
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04	2.69799E-04	4.42885E-04	1.62463E-05	1.93278E-04	2.33549E-04	-1.12948E-05	4.97597E-06	-2.00145E-05
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04	2.28380E-04	3.16937E-04	1.45704E-05	1.77002E-04	1.88858E-04	8.72944E-06	1.74552E-05	-7.04596E-07
MONSANTO	2.35431E-04	1.40576E-04	3.04230E-05	2.69799E-04	2.28380E-04	4.29087E-04	4.24906E-04	2.10849E-05	1.42493E-04	2.43422E-04	-9.00099E-06	1.14461E-05	-8.15070E-06
MOSAIC	3.63653E-04	2.26277E-04	5.57599E-05	4.42885E-04	3.16937E-04	4.24906E-04	1.02195E-03	4.51696E-05	2.09224E-04	4.35796E-04	-1.05551E-05	1.77585E-05	-6.72751E-06
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	3.24139E-04	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	1.75729E-03	1.62007E-05	2.61569E-05	1.70823E-06	3.94415E-05	-7.04083E-07
THE SCOTTS	2.26641E-04	1.97710E-04	2.94299E-05	1.93278E-04	1.77002E-04	1.42493E-04	2.09224E-04	1.62007E-05	3.94284E-04	1.39468E-04	-7.67540E-06	5.19994E-06	-3.64420E-06
TERRA	2.16962E-04	1.59269E-04	4.24502E-05	2.33549E-04	1.88858E-04	2.43422E-04	4.35796E-04	2.61569E-05	1.39468E-04	7.70344E-04	1.70562E-05	2.83079E-05	2.48005E-06
NUFARM	-1.61869E-05	-1.66671E-05	1.77420E-05	-1.12948E-05	8.72944E-06	-9.00099E-06	-1.05551E-05	1.70823E-06	-7.67540E-06	1.70562E-05	5.92630E-04	4.25939E-05	-5.53359E-06
HUBEI	2.82912E-05	-1.69259E-06	2.03253E-05	4.97597E-06	1.74552E-05	1.14461E-05	1.77585E-05	3.94415E-05	5.19994E-06	2.83079E-05	4.25939E-05	1.11093E-03	-1.70179E-05
BASF AG.	-4.28528E-06	2.10980E-05	-6.05180E-06	-2.00145E-05	-7.04596E-07	-8.15070E-06	-6.72751E-06	-7.04083E-07	-3.64420E-06	2.48005E-06	-5.53359E-06	-1.70179E-05	3.50280E-04

Ilustración 17 Matriz poblacional. Portafolio 1: Maximización de rentabilidad.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.11. Matriz poblacional Portafolio 1: Minimización de riesgo.

Matriz varianza población													
	AMERICAN V. CENTRAL GARDE	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA	NUFARM	HUBEI	BASF AG.	
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04	2.35431E-04	3.63653E-04	3.92053E-05	2.26641E-04	2.16962E-04	-1.61869E-05	2.82912E-05	-4.28528E-06
CENTRAL GARDE	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04	1.40576E-04	2.26277E-04	4.50037E-05	1.97710E-04	1.59269E-04	-1.66671E-05	-1.69259E-06	2.10980E-05
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05	3.04230E-05	5.57599E-05	3.24139E-04	2.94299E-05	4.24502E-05	1.77420E-05	2.03253E-05	-6.05180E-06
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04	2.69799E-04	4.42885E-04	1.62463E-05	1.93278E-04	2.33549E-04	-1.12948E-05	4.97597E-06	-2.00145E-05
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04	2.28380E-04	3.16937E-04	1.45704E-05	1.77002E-04	1.88858E-04	8.72944E-06	1.74552E-05	-7.04596E-07
MONSANTO	2.35431E-04	1.40576E-04	3.04230E-05	2.69799E-04	2.28380E-04	4.29087E-04	4.24906E-04	2.10849E-05	1.42493E-04	2.43422E-04	-9.00099E-06	1.14461E-05	-8.15070E-06
MOSAIC	3.63653E-04	2.26277E-04	5.57599E-05	4.42885E-04	3.16937E-04	4.24906E-04	1.02195E-03	4.51696E-05	2.09224E-04	4.35796E-04	-1.05551E-05	1.77585E-05	-6.72751E-06
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	3.24139E-04	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	1.75729E-03	1.62007E-05	2.61569E-05	1.70823E-06	3.94415E-05	-7.04083E-07
THE SCOTTS	2.26641E-04	1.97710E-04	2.94299E-05	1.93278E-04	1.77002E-04	1.42493E-04	2.09224E-04	1.62007E-05	3.94284E-04	1.39468E-04	-7.67540E-06	5.19994E-06	-3.64420E-06
TERRA	2.16962E-04	1.59269E-04	4.24502E-05	2.33549E-04	1.88858E-04	2.43422E-04	4.35796E-04	2.61569E-05	1.39468E-04	7.70344E-04	1.70562E-05	2.83079E-05	2.48005E-06
NUFARM	-1.61869E-05	-1.66671E-05	1.77420E-05	-1.12948E-05	8.72944E-06	-9.00099E-06	-1.05551E-05	1.70823E-06	-7.67540E-06	1.70562E-05	5.92630E-04	4.25939E-05	-5.53359E-06
HUBEI	2.82912E-05	-1.69259E-06	2.03253E-05	4.97597E-06	1.74552E-05	1.14461E-05	1.77585E-05	3.94415E-05	5.19994E-06	2.83079E-05	4.25939E-05	1.11093E-03	-1.70179E-05
BASF AG.	-4.28528E-06	2.10980E-05	-6.05180E-06	-2.00145E-05	-7.04596E-07	-8.15070E-06	-6.72751E-06	-7.04083E-07	-3.64420E-06	2.48005E-06	-5.53359E-06	-1.70179E-05	3.50280E-04

Ilustración 18 Matriz poblacional. Portafolio 1: Minimización de riesgo.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.12. Matriz poblacional Portafolio 1: Maximización ratio sharpe.

Matriz varianza población													
	AMERICAN V.	CENTRAL GARDE	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA	NUFARM	HUBEI	BASF AG.
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04	2.35431E-04	3.63653E-04	3.92053E-05	2.26641E-04	2.16962E-04	-1.61869E-05	2.82912E-05	-4.28528E-06
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04	1.40576E-04	2.26277E-04	4.50037E-05	1.97710E-04	1.59269E-04	-1.66671E-05	-1.69259E-06	2.10980E-05
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05	3.04230E-05	5.57599E-05	3.24139E-04	2.94299E-05	4.24502E-05	1.77420E-05	2.03253E-05	-6.05180E-06
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04	2.69799E-04	4.42885E-04	1.62463E-05	1.93278E-04	2.33549E-04	-1.12948E-05	4.97597E-06	-2.00145E-05
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04	2.28380E-04	3.16937E-04	1.45704E-05	1.77002E-04	1.88858E-04	8.72944E-06	1.74552E-05	-7.04596E-07
MONSANTO	2.35431E-04	1.40576E-04	3.04230E-05	2.69799E-04	2.28380E-04	4.29087E-04	4.24906E-04	2.10849E-05	1.42493E-04	2.43422E-04	-9.00099E-06	1.14461E-05	-8.15070E-06
MOSAIC	3.63653E-04	2.26277E-04	5.57599E-05	4.42885E-04	3.16937E-04	4.24906E-04	1.02195E-03	4.51696E-05	2.09224E-04	4.35796E-04	-1.05551E-05	1.77585E-05	-6.72751E-06
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	3.24139E-04	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	1.75729E-03	1.62007E-05	2.61569E-05	1.70823E-06	3.94415E-05	-7.04083E-07
THE SCOTTS	2.26641E-04	1.97710E-04	2.94299E-05	1.93278E-04	1.77002E-04	1.42493E-04	2.09224E-04	1.62007E-05	3.94284E-04	1.39468E-04	-7.67540E-06	5.19994E-06	-3.64420E-06
TERRA	2.16962E-04	1.59269E-04	4.24502E-05	2.33549E-04	1.88858E-04	2.43422E-04	4.35796E-04	2.61569E-05	1.39468E-04	7.70344E-04	1.70562E-05	2.83079E-05	2.48005E-06
NUFARM	-1.61869E-05	-1.66671E-05	1.77420E-05	-1.12948E-05	8.72944E-06	-9.00099E-06	-1.05551E-05	1.70823E-06	-7.67540E-06	1.70562E-05	5.92630E-04	4.25939E-05	-5.53359E-06
HUBEI	2.82912E-05	-1.69259E-06	2.03253E-05	4.97597E-06	1.74552E-05	1.14461E-05	1.77585E-05	3.94415E-05	5.19994E-06	2.83079E-05	4.25939E-05	1.11093E-03	-1.70179E-05
BASF AG.	-4.28528E-06	2.10980E-05	-6.05180E-06	-2.00145E-05	-7.04596E-07	-8.15070E-06	-6.72751E-06	-7.04083E-07	-3.64420E-06	2.48005E-06	-5.53359E-06	-1.70179E-05	3.50280E-04

Ilustración 19 Matriz poblacional. Portafolio 1: Maximización de ratio sharpe.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.13. Matriz poblacional Portafolio 2: Maximización de rentabilidad.

Matriz varianza poblacional										
	AMERICAN V.	NTRAL GARDI	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04	2.35431E-04	3.63653E-04	3.92053E-05	2.26641E-04	2.16962E-04
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04	1.40576E-04	2.26277E-04	4.50037E-05	1.97710E-04	1.59269E-04
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05	3.04230E-05	5.57599E-05	3.24139E-04	2.94299E-05	4.24502E-05
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04	2.69799E-04	4.42885E-04	1.62463E-05	1.93278E-04	2.33549E-04
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04	2.28380E-04	3.16937E-04	1.45704E-05	1.77002E-04	1.88858E-04
MONSANTO	2.35431E-04	1.40576E-04	3.04230E-05	2.69799E-04	2.28380E-04	4.29087E-04	4.24906E-04	2.10849E-05	1.42493E-04	2.43422E-04
MOSAIC	3.63653E-04	2.26277E-04	5.57599E-05	4.42885E-04	3.16937E-04	4.24906E-04	1.02195E-03	4.51696E-05	2.09224E-04	4.35796E-04
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	3.24139E-04	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	1.75729E-03	1.62007E-05	2.61569E-05
THE SCOTTS	2.26641E-04	1.97710E-04	2.94299E-05	1.93278E-04	1.77002E-04	1.42493E-04	2.09224E-04	1.62007E-05	3.94284E-04	1.39468E-04
TERRA	2.16962E-04	1.59269E-04	4.24502E-05	2.33549E-04	1.88858E-04	2.43422E-04	4.35796E-04	2.61569E-05	1.39468E-04	7.70344E-04

Ilustración 20 Matriz poblacional. Portafolio 2: Maximización de rentabilidad.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.14. Matriz poblacional Portafolio 2: Minimización de riesgo.

Matriz varianza poblacional										
	AMERICAN V.	NTRAL GARDI	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04	2.35431E-04	3.63653E-04	3.92053E-05	2.26641E-04	2.16962E-04
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04	1.40576E-04	2.26277E-04	4.50037E-05	1.97710E-04	1.59269E-04
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05	3.04230E-05	5.57599E-05	3.24139E-04	2.94299E-05	4.24502E-05
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04	2.69799E-04	4.42885E-04	1.62463E-05	1.93278E-04	2.33549E-04
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04	2.28380E-04	3.16937E-04	1.45704E-05	1.77002E-04	1.88858E-04
MONSANTO	2.35431E-04	1.40576E-04	3.04230E-05	2.69799E-04	2.28380E-04	4.29087E-04	4.24906E-04	2.10849E-05	1.42493E-04	2.43422E-04
MOSAIC	3.63653E-04	2.26277E-04	5.57599E-05	4.42885E-04	3.16937E-04	4.24906E-04	1.02195E-03	4.51696E-05	2.09224E-04	4.35796E-04
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	3.24139E-04	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	1.75729E-03	1.62007E-05	2.61569E-05
THE SCOTTS	2.26641E-04	1.97710E-04	2.94299E-05	1.93278E-04	1.77002E-04	1.42493E-04	2.09224E-04	1.62007E-05	3.94284E-04	1.39468E-04
TERRA	2.16962E-04	1.59269E-04	4.24502E-05	2.33549E-04	1.88858E-04	2.43422E-04	4.35796E-04	2.61569E-05	1.39468E-04	7.70344E-04

Ilustración 21 Matriz poblacional. Portafolio 2: Minimización de riesgo.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.15. Matriz poblacional Portafolio 2: Maximización de ratio sharpe.

Matriz varianza poblacional										
	AMERICAN V.	NTRAL GARDI	BAYER	FMC	DOWDUPONT	MONSANTO	MOSAIC	GUJARAT	THE SCOTTS	TERRA
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04	2.35431E-04	3.63653E-04	3.92053E-05	2.26641E-04	2.16962E-04
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04	1.40576E-04	2.26277E-04	4.50037E-05	1.97710E-04	1.59269E-04
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05	3.04230E-05	5.57599E-05	3.24139E-04	2.94299E-05	4.24502E-05
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04	2.69799E-04	4.42885E-04	1.62463E-05	1.93278E-04	2.33549E-04
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04	2.28380E-04	3.16937E-04	1.45704E-05	1.77002E-04	1.88858E-04
MONSANTO	2.35431E-04	1.40576E-04	3.04230E-05	2.69799E-04	2.28380E-04	4.29087E-04	4.24906E-04	2.10849E-05	1.42493E-04	2.43422E-04
MOSAIC	3.63653E-04	2.26277E-04	5.57599E-05	4.42885E-04	3.16937E-04	4.24906E-04	1.02195E-03	4.51696E-05	2.09224E-04	4.35796E-04
GUJARAT	3.92053E-05	4.50037E-05	3.24139E-04	1.62463E-05	1.45704E-05	2.10849E-05	4.51696E-05	1.75729E-03	1.62007E-05	2.61569E-05
THE SCOTTS	2.26641E-04	1.97710E-04	2.94299E-05	1.93278E-04	1.77002E-04	1.42493E-04	2.09224E-04	1.62007E-05	3.94284E-04	1.39468E-04
TERRA	2.16962E-04	1.59269E-04	4.24502E-05	2.33549E-04	1.88858E-04	2.43422E-04	4.35796E-04	2.61569E-05	1.39468E-04	7.70344E-04

Ilustración 22 Matriz poblacional. Portafolio 2: Maximización de ratio sharpe.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.16. Matriz poblacional Portafolio 3: Maximización de rentabilidad.

Matriz poblacional					
	AMERICAN V.	ENTRAL GARDEI	BAYER	FMC	DOWDUPONT
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04

Ilustración 23 Matriz poblacional. Portafolio 3: Maximización de rentabilidad.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.17. Matriz poblacional Portafolio 3: Minimización de riesgo.

Matriz poblacional					
	AMERICAN V.	ENTRAL GARDEI	BAYER	FMC	DOWDUPONT
AMERICAN V.	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04
CENTRAL GARDEN	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04
BAYER	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05
FMC	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04
DOWDUPONT	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04

Ilustración 24 Matriz poblacional. Portafolio 3: Minimización de riesgo.

Fuente: Autora.
Elaboración: Autora.

A.18. Matriz poblacional Portafolio 3: Maximización de ratio sharpe.

Matriz poblacional					
	<i>AMERICAN V.</i>	<i>ENTRAL GARDEI</i>	<i>BAYER</i>	<i>FMC</i>	<i>DOWDUPONT</i>
<i>AMERICAN V.</i>	1.06396E-03	2.98006E-04	4.54733E-05	3.16387E-04	2.72551E-04
<i>CENTRAL GARI</i>	2.98006E-04	1.05310E-03	3.62356E-05	2.44571E-04	2.33793E-04
<i>BAYER</i>	4.54733E-05	3.62356E-05	6.31722E-04	2.07554E-05	1.22933E-05
<i>FMC</i>	3.16387E-04	2.44571E-04	2.07554E-05	5.35175E-04	3.04157E-04
<i>DOWDUPONT</i>	2.72551E-04	2.33793E-04	1.22933E-05	3.04157E-04	5.39773E-04

Ilustración 25 Matriz poblacional. Portafolio 3: Maximización de ratio sharpe.

Fuente: Autora.

Elaboración: Autora.