

**CONTRATOS DE FUTURO DE AGUA (NQH2O) Y CÁLCULO DE SU RIESGO
FINANCIERO ENTRE EL 2019 Y 2021**

JOEL SANTIAGO ALARCÓN VALENZUELA

JULIAN DAVID GALEANO MURCIA

ANDRES FELIPE VILLAMIL MORENO

Trabajo dirigido por: María Constanza Torres

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

FACULTAD DE ECONOMÍA

TRABAJO PARA OBTENCIÓN DE ÉNFASIS EN FINANZAS

BOGOTÁ D.C.

2021

Contenido

RESUMEN	4
Palabras Clave	4
ABSTRACT	4
Keywords	4
PREGUNTA:.....	5
HIPÓTESIS:	5
OBJETIVOS	5
Objetivo general:.....	5
Objetivos específicos:.....	5
INTRODUCCIÓN	6
JUSTIFICACIÓN	7
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	7
Derivados	7
Commodities	8
Futuros	8
Tipos de contratos de futuro.....	9
El estado de California y las sequías.....	9
Teoría moderna del portafolio de Markowitz.....	11
Comercialización de agua.....	13
Riesgo empresarial	14
Value at Risk	15
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO	16
VaR	16
Cartera eficiente de Markowitz	19
CAPITULO III: NECESIDAD E IMPORTANCIA DEL AGUA	21
CAPITULO IV: CONTRATOS DE FUTURO DEL AGUA, SU HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS	22
CAPITULO V: ESTADO DE CALIFORNIA Y CME	25
CAPITULO VI: DETERMINACIÓN CARTERA EFICIENTE DE MARKOWITZ	26
Oro.....	26
Resultados cartera eficiente de Markowitz	27
CAPITULO VII: DETERMINACIÓN DEL VaR	29
CAPITULO VIII: ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	30

Contenido de Imágenes

Imagen 1. Estado de California e intensidad de sequía	11
Imagen 2. Estado de California y los estados más críticos	11
Imagen 3. Futuro en corto Gamarra. (2014).....	23
Imagen 4. Futuro en largo Gamarra. (2014).....	23

Contenido de Tablas

Tabla 1. Especificaciones de contrato de agua NQH2O.....	22
Tabla 2. Resultados cartera eficiente de Markowitz.....	26
Tabla 3. Parámetros σ y μ por porcentaje de participación.....	27
Tabla 4. Resumen resultados VaR por diferentes técnicas.....	28
Tabla 5. Resumen resultados VaR por orden de mayor a menor pérdida.....	29
Tabla 6. Resumen resultados VaR con 121 contratos.....	30

Contenido de Gráficas

Gráfica 1. Frontera eficiente de Markowitz.....	27
Gráfica 2. Resumen de distribuciones.....	29
Gráfica 3. Rentabilidad simulada por distribución de Cauchy.....	29

RESUMEN

Las sequías no son nada nuevo para el estado de California, estas vienen azotando la región durante décadas, así mismo, causando graves problemas en la disponibilidad de los recursos hídricos necesarios, tanto para usos industriales como cotidianos, pero es especialmente preocupante ya que estas sequías han ido escalando paulatinamente, alcanzando máximos históricos durante los últimos 5 años. Por lo cual el este documento está enfocado en este estado norteamericano. Por otra parte, la inclusión del agua en mercados financieros tanto formales como informales, no es un tema nuevo, ya que, en diversas regiones a lo largo del mundo desde hace ya varios años se han venido arraigando más actividades de comercialización de este recurso; en consecuencia a esto, se culminó con la creación del índice NASDAQ NQH2O en Septiembre de 2019, y sus respectivos contratos de futuro desde diciembre de 2020 en la bolsa mercantil de Chicago (o también conocida como CME), el mercado de derivados más grande del mundo. Aquí es cuando nace la necesidad de saber con certeza el riesgo financiero que implica colocar capital en este activo o commodity y poder brindar soluciones que permitan reducir este riesgo, para esto, hacemos uso de dos metodologías ya muy conocidas y probadas en los mercados financieros, el VaR (Value at Risk) y la teoría de portafolio eficiente de Markowitz.

Palabras Clave: Contrato de futuro, NQH2O, CME, commodity, agua, VaR, Markowitz

ABSTRACT

Droughts are nothing new to the state of California, these have been plaguing the region for decades as well, causing serious problems in the availability of water resources needed for both industrial and daily uses, but it is especially worrying as these droughts have been escalating steadily, reaching historic highs over the past 5 years. Which is why this document is focused on this American state. Otherwise, the inclusion of water in both formal and informal financial markets is not a new issue, since, in various regions throughout the world, more commercialization activities of this resource have taken root for several years now; As a result, it culminated with the creation of the NASDAQ NQH2O index in September 2019, and their respective futures contracts since December 2020 on the Chicago Mercantile Exchange (also known as CME), the world's largest derivatives market. Here is when the need arises to know with certainty the financial risk involved in placing capital in this asset or commodity and to be able to provide solutions to reduce the risk, for this purpose, we make use of two methodologies already well known and proven in the financial markets, the VaR (Value at Risk) and the Modern portfolio theory of Markowitz.

Keywords: Futures contract, NQH2O, CME, commodity, Water, VaR, Markowitz

PREGUNTA:

¿Cuál es el Riesgo financiero al invertir capital en los contratos de futuro del agua (NQH2O), negociados en la CME, en el periodo 2019-2021?

HIPÓTESIS:

No existe riesgo financiero al invertir en contratos de futuro del agua.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Establecer el riesgo financiero que conllevaría invertir en contratos de futuro del agua y analizar los contratos de futuro del agua dentro del mercado de derivados, con la finalidad de encontrar el riesgo financiero que representa para los inversionistas, mediante el cálculo de Value at Risk (VaR) y utilizando la teoría de portafolio eficiente de Markowitz.

Objetivos específicos:

- Conocer la composición del agua, su necesidad para la vida y su importancia.
- Realizar una reseña de los contratos de futuro del agua, evidenciando así, su evolución hasta la actualidad e identificar sus características.
- Identificar las circunstancias y condiciones que permitieron la comercialización de los contratos de futuro del agua en la CME (Chicago Mercantil Exchange) y su implementación en el estado de California.
- Determinar el valor del riesgo al que incurriría un inversionista al colocar capital en este activo mediante las diferentes metodologías del VaR.
- Determinar la cartera eficiente del agua integrando el portafolio con el oro (así mismo conocer su naturaleza y características como activo refugio), de modo que se llegue al portafolio ideal y eficiente de Markowitz para los contratos de futuro del agua.

INTRODUCCIÓN

El estado de California es considerado uno de los lugares más afectados por falta de agua en el mundo, lo cual ha presentado regularmente a lo largo de los años fuertes sequías, provocando así múltiples emergencias socioambientales, que a pesar de ser uno de los estados más ricos de los Estados Unidos, han suscitado en importantes costos tanto para el gobierno local como para la multitud de empresas que centran sus actividades en la región. Actualmente alrededor del 98% del estado experimenta estas condiciones, en donde el cambio climático ha jugado un papel clave para dicha escasez, según la Evaluación Nacional del clima de Norteamérica. Al sufrir de este problema ambiental con un recurso que es esencial para la vida en este planeta, el 7 de diciembre de 2019, el agua en California cotiza por primera vez en la Chicago Mercantil Exchange (CME), como contratos de futuros de materias primas bajo la nomenclatura NQH2O, apoyado con del índice Nasdaq Veles California Water Index, creado en el 2018, en el que actualmente se están basando los precios de dicho activo.

La comúnmente conocida como CME (Chicago Mercantil Exchange), bolsa creada en el estado de Illinois en el año de 1898 con el objetivo de comercializar productos agrícolas, a través del tiempo se ha renombrado como CME Group y ha logrado convertirse en el mercado más grande y fructífero del mundo de contratos del mundo en opciones y futuros.

Por todo esto, cuando se dio la noticia de la comercialización de este recurso, tan vital para la vida en todos sus ámbitos, el mundo prendió alarmas y muchos inversionistas se empezaron a fijar en este activo para sus carteras de inversión, al presentar un comportamiento fácilmente rastreable a lo largo de las estaciones, por ello es tan conveniente e interesante aplicar una herramienta tan útil como es el VaR (Value At Risk) para determinar de una manera confiable y concreta el riesgo financiero de estos contratos de futuro y a su vez, aplicar el modelo de portafolio eficiente de Markowitz para elaborar una posible cartera óptima.

En el presente trabajo se observara una investigación sobre los contratos de futuro del agua la cual se divide en 7 capítulos empezando con un marco teórico para

contextualizar algunos temas, un marco metodológico donde se muestra como se realizara el calculo del riesgo de estos contratos de futuro y se presentaran en mayor profundidad algunos temas importantes en los siguientes capítulos culminando con los resultados de la investigación y la respuesta a la pregunta que origino esta investigación ¿Cuál es el Riesgo financiero al invertir capital en los contratos de futuro del agua (NQH2O), negociados en la CME, en el periodo 2019-2021?

JUSTIFICACIÓN

El agua además de ser necesaria para la vida es un insumo primordial para toda actividad agrícola e industrial, sobre todo para un estado como California. Por ende, la existencia de dichos contratos de futuro del agua presentó una oportunidad para las empresas y agricultores locales este estado norteamericano, ya que podrían asegurar el agua necesaria para suplir la producción durante los habituales periodos de sequía. Con lo anterior presente, se pretende determinar y explicar el riesgo financiero al que se incurriría al invertir capital en este tipo de activo, ya que estos contratos representan grandes cantidades de dinero y tienden a hacerse efectivos a periodos de tiempo largo plazo.

La importancia de esto radica en que los modelos y herramientas de riesgo financiero están presentes en todos los mercados y para todos los activos, ya que siempre habrá un riesgo latente no eliminable pero sí manejable al invertir, por ende, se pretende realizar un aporte a aquellas personas que no tienen el conocimiento profundo acerca de este tema.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

Derivados

Un derivado financiero es un activo financiero cuyo valor se deriva de los cambios en otro activo, llamado activo subyacente. El derivado financiero tiene su origen en el activo del que subyace. Es decir, el activo que lo genera. Este activo subyacente puede ser tanto financiero (por ejemplo, una acción o un bono), como no financiero (por ejemplo, el futuro financiero sobre el oro o el petróleo).

Estos instrumentos financieros tienen ciertas características que los hacen especiales, como no requerir una gran inversión inicial, ya que es pequeña en comparación a la inversión necesaria si se quisiera negociar directamente con el activo subyacente, y se liquida generalmente en una fecha futura. Es decir, a plazo.

Commodities

Según Gamarra (2014) El término commodities es utilizado tradicionalmente para referirse a productos básicos, asimilándose al de materia prima, aunque incluye también productos semielaborados que sirven como base para procesos industriales más complejos.

Con esto hace referencia a que todo producto usado como materia prima o que no esté registrado bajo el nombre de alguna marca se puede considerar un commodity estos también son vistos como una nueva clase de activo y es posible invertir en ellos además estos tienen una peculiaridad y es que su precio en el mercado varía solo según su demanda y su oferta y no por cuestiones de otras compañías, por esta razón el mayor cambio que puede haber en el precio de estos activos es su oferta ya que está ligado a la producción y/o existencias del mismo. Por poner un ejemplo en el mercado del petróleo cuando hay escases su precio es muy elevado, pero si se comienza a explotar un nuevo pozo petrolero su precio presenta una leve baja.

Existen 3 tipos de commodities: metales, productos agrícolas y energía entre los cuales están los metales base como lo son: el aluminio, cobre zinc, etc.; los metales preciosos como el oro o el platino; productos energéticos como el petróleo, el gas, carbón y demás y productos agrícolas como el activo más reciente agregado a este mercado el agua.

Futuros

Un contrato futuro es un convenio para comprar o vender un activo en cierto momento del futuro a un precio determinado. Por otro lado, también se pueden definir como un acuerdo estandarizado de compraventa de una cantidad

determinada de activo, a un precio determinado a la hora de efectuar el contrato, pero con una entrega futura. Adell y Romeo (1996)

Tipos de contratos de futuro

Básicamente hay dos grandes grupos de contratos de futuro, el primero, los commodities, productos en su mayoría agrícolas, metales o energía, y, por otro lado, los financieros, que a su vez cuentan con cuatro instrumentos financieros, primero, los futuros sobre tipo de interés (Bonos, letras de tesoro, cédulas hipotecarias, etc.) Cabe destacar que este tipo de contratos pueden ser tanto de corto como de largo plazo, y se liquidará la diferencia entre el precio al momento de la negociación y el precio en el vencimiento del activo. Segundo, sobre divisas, donde básicamente se negocian las divisas con más transaccionalidad en el mercado (dólar estadounidense, euro, libra esterlina, etc.). Tercero, se encuentran los contratos de futuro sobre acciones. Por último, los futuros sobre índices bursátiles, cuya principal característica es que en ningún momento se entrega físicamente el activo subyacente, ya que su propia naturaleza como derivado financiero los hace susceptibles a las fluctuaciones del producto en cuestión con el cual se negocia.

El estado de California y las sequías

Las condiciones anuales del suministro de agua en California son muy variables y las sequías son una circunstancia recurrente que afecta las disponibilidades hídricas del Estado. Para comprender la coyuntura que presenta esta región, primero se debe definir el concepto de sequía, según la **Asociación española de reutilización sostenible del agua** “No se dispone de una definición universal para identificar el inicio y el final de una sequía, como tampoco disponemos de un proceso estatutario estatal para definir o declarar una sequía. La declaración de condiciones de emergencia, de acuerdo con la Ley de Servicios de Emergencia de California, puede ser utilizada para responder a los impactos de la sequía, pero esa declaración no es en sí misma una definición de sequía”. Sin embargo, en algunas ocasiones puede ser cuantificada, como es el caso de la sequía meteorológica (un periodo que presenta precipitaciones inferiores al promedio) o la sequía hidrológica (periodos con un flujo de agua inferior al normal), en otros casos la definición puede

pasar a ser incluso cualitativa debido a su propia naturaleza de escasez de agua, ya sea para un aprovechamiento concreto o simplemente para funciones cotidianas.

La sequía se presenta como un fenómeno climático de comportamiento casi gradual y sus impactos se hacen sentir normalmente primero entre sectores que dependen en gran medida de las precipitaciones de lluvia, como es el caso de granjeros que usen los esquemas de pasto de secado o residentes de zonas rurales que se abastezcan primordialmente de pozos en formaciones rocosas cuyo rendimiento hídrico sea bajo. Y debido a su comportamiento gradual, los impactos de la sequía aumentan con la duración de esta, ya que las reservas de agua en embalses van disminuyendo de manera progresiva, al igual que los niveles hídricos de los acuíferos locales. Según la **Asociación española de reutilización sostenible del agua** “los impactos hidrológicos de la sequía sobre un determinado abastecedor de agua pueden ser intensificados por otros factores como son los requisitos normativos de satisfacer los derechos de captación de agua de concesionarios de mayor antigüedad o de asegurar la protección de los recursos ambientales”.

Ahora bien, según el Informe de sequía de enero de 2021, publicado por **El Departamento de Recursos Hídricos (DWR)** de California, desde el punto de vista del uso del agua, la sequía se define mejor por sus impactos en una clase particular de usuarios de una zona determinada. En este sentido, la sequía es una circunstancia de naturaleza muy local. Las condiciones hidrológicas intrínsecas de una región pueden hacer que lo que para usuarios de agua en distintas partes del estado o con diferentes redes de suministro de agua se considere una sequía, para el primero no se constituya como una, o por lo menos, no de la misma magnitud. El extenso sistema de infraestructura en el suministro de agua del estado de California (embalses, acuíferos gestionados e instalaciones de trasvases interregionales) permiten mitigar el efecto de períodos secos de corta duración (solamente un año) para la gran mayoría de los usuarios del agua. Los suministradores individuales de agua pueden hacer uso de criterios como precipitaciones o escorrentías (corrientes de agua que se vierten al rebasar su depósito), cantidad de agua embalsada, el declive de los niveles de agua subterránea, o simplemente, la expectativa de

suministro del suministrador como forma de definir sus condiciones para el abastecimiento de agua. Los criterios usados para identificar condiciones de sequía a nivel estatal, como la escorrentía estatal o el volumen total de agua embalsada no tienen en cuenta dichas circunstancias locales.

Aunque la infraestructura de suministro de agua en el estado de California ofrece los medios y condiciones necesarias para mitigar o controlar los impactos sobre la mayoría de los usuarios del agua, otros tipos de impactos de una sequía como el aumento de los fuegos rurales o incrementos en el estrés sobre la vegetación y vida silvestre siguen estando presentes.

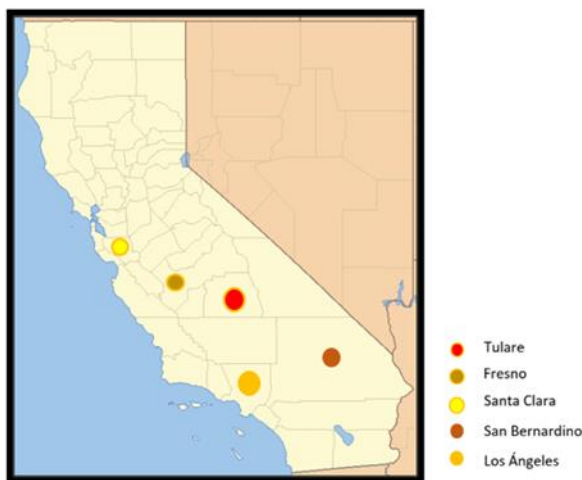


Imagen 8. Estado de California y los estados más críticos

Fuente: Wikipedia - https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:California_Locator_Map.PNG

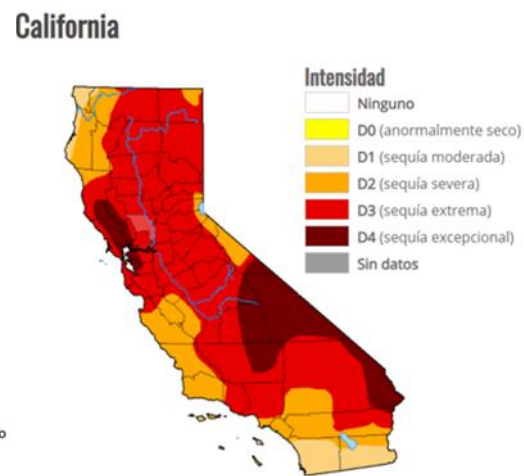


Imagen 1. Estado de California e intensidad de sequía

Fuente: U.S. Drought monitor - <https://droughtmonitor.unl.edu/CurrentMap/StateDroughtMonitor.aspx?CA>

Teoría moderna del portafolio de Markowitz

Esta teoría publicada por Harry Markowitz en el año 1952 a rasgos generales dice que no se deben de analizar los riesgos y la rentabilidad por aparte al momento de estudiar un activo para su posible inversión, en cambio se debe de realizar un análisis enfocado en la relación de estos 2 factores para incrementar la ganancia y minimizar el riesgo. Por esta razón Markowitz propuso que se debe de crear una cartera de inversión en la cual se vean incluidos diversos activos de diferentes naturalezas con el propósito de estudiar y comparar sus rentabilidades a la par de

sus riesgos para que se puedan tomar mejores decisiones a la hora de poner en arriesgar el dinero con el fin de generar ganancias.

Todo esto lo demostró Markowitz gracias a unas formulaciones matemáticas la cual consiste en tomar los datos históricos del precio de los activos diariamente de los últimos años a los cuales les halla su rentabilidad y su variación a través del tiempo, luego procede a comparar estos resultados con los del otro activo en estudio y establece cual tiene la mejor relación riesgo – beneficio para conocer ¿cómo invertir en estos para mejorar las ganancias?

Hoy en día, esta teoría se sigue usando para tomar las decisiones a la hora de invertir, pero en la época de Markowitz, tenía varios problemas y no fue bien recibida, esto, debido a que en el año que se publicó todavía no estaba terminada, en cambio, vino a ser finalizada en el año de 1956 donde ya se reconocieron los aportes de este estudioso, dejando así esta teoría como la más aceptada, por lo menos, en la comunidad americana. Como dijo Camilo Romero Moreno (2010) “A Markowitz debe reconocérsele la tenacidad mostrada al continuar durante varias décadas en el estudio, solución y desarrollo de su planteamiento original. Así que antes que la paternidad de la teoría, el valor de su contribución radica en persistir hasta el logro de una solución más acabada.”

Un tema importante a resaltar, son los tipos de portafolio, los cuales influyen en las decisiones de los inversionistas; según Hagstrom (2006), se han identificado tres tipos, los cuales son: Inversiones ligadas a un índice, que consisten en un método pasivo de comprar y mantener una cartera de acciones muy diversas que emite intencionalmente el comportamiento de un índice determinado, el segundo llamado inversiones focalizadas la cual es una selección de ciertas acciones que tienen buenas probabilidades de generar rendimientos a largo plazo por encima de la media, manteniendo aún el período de volatilidad y por último se encuentran los portafolios de gestión activa que se basan en la compra y venta constante de un gran número de acciones ordinarias, basadas en predicciones del comportamiento del precio de los activos financieros, con el objetivo de superar al mercado.

En su teoría de portafolio eficiente, Markowitz planteó 10 postulados a considerar para el cálculo de la construcción de la frontera eficiente y su cartera ideal; los cuales se encuentran a continuación:

- 1) El rendimiento de una inversión debe ser tratado como un fenómeno estocástico.
- 2) El inversionista típico actúa con aversión al riesgo.
- 3) El riesgo y el rendimiento esperados de los activos de inversión tienen medidas estadísticas que corresponden a la media y la varianza de una distribución normal.
- 4) La selección de inversiones se refiere estrictamente para un periodo.
- 5) Las preferencias entre riesgo y rendimiento del inversionista pueden expresarse matemática o gráficamente en un espacio definido por la varianza o desviación estándar y la expectativa de rendimiento.
- 6) Existen en el mercado de capitales n activos perfectamente divisibles y líquidos con los cuales es posible formar un portafolio (cualquier combinación de activos).
- 7) Para cada uno de estos activos se puede calcular la esperanza matemática del rendimiento, su varianza (o desviación estándar) y las covarianzas.
- 8) Los activos son perfectamente divisibles, es decir, están disponibles en el mercado en fracciones.
- 9) Se ignoran todo tipo de costos de transacción, en particular, no se consideran impuestos ni comisiones.
- 10) El mercado en el que se intercambian los activos es de competencia perfecta.

Comercialización de agua

El agua es un recurso natural el cual es considerado como derecho de todas las personas ya que este es tan valioso que sin él las personas, animales y plantas no podrían vivir por esto siempre se ha visto un poco mal el hecho de que la venta de agua embotellada se haya convertido en una industria que mueve miles de millones de dólares al año y esto según **La Revista Dinero (2020)** “Aunque los primeros

registros de agua en una botella para consumo humano datan del año 1767, fue hasta los inicios del siglo XIX cuando se considera que nació una industria del agua embotellada”. Lo cual nos dice que esta práctica puede llevar sucediendo por lo menos los últimos 2 siglos.

Debido a lo anterior cuando el 7 de diciembre de 2020 el índice Nasdaq Veles California Water Index empezó a cotizar como un indicador de precios de futuros del agua todo el mundo se alarmó porque se considera este recurso como un derecho fundamental y con este mercado abierto se consideró que es posible el hecho de quedarnos sin este recurso en algún momento y se empiece a mover como una moneda de cambio aunque estos por ahora son miedos que no se cree que lleguen pronto en cambio este mercado fue creado más específicamente para el sector agrícola de California, Estados Unidos debido a que en los últimos años se han presentado varias sequías y estos sectores querían asegurarse un suministro de agua para continuar con sus operaciones.

Riesgo Financiero

Este trabajo se enfoca en determinar el riesgo financiero en el que incurriría un inversionista al hacer la compra de un contrato de futuro del agua, por lo cual para el desarrollo de esta investigación es necesario determinar con precisión la definición de riesgo. Un comienzo para entender más acerca del riesgo es su definición en donde Gitman & Joehnk (2009) comentan que el riesgo es la posibilidad de que el rendimiento real de una inversión difiera de lo esperado, por lo cual, el riesgo asociado con determinada inversión se relaciona directamente con su rendimiento esperado, es decir, cuanto más amplia es la gama de posibles rendimientos, mayor es el riesgo de la inversión y viceversa.

Por otro lado, cabe aclarar que el riesgo financiero es distinto al riesgo económico, sin embargo, existe un grupo de clasificación superior en donde estos se encuentran, que son el riesgo sistemático y el no sistemático. Piedrahita (2016) por medio de su libro “Finanzas estratégicas y creación de valor” menciona que el riesgo sistemático es la parte de un activo que no puede eliminarse por diversificación y que es determinado por factores externos como las guerras, la inflación y las tasas

de interés, mientras que el riesgo no sistemático es diversificable y está compuesto por el riesgo del negocio y el riesgo financiero, que surge por la financiación de los activos de la empresa.

Para entrar más a detalle con esta definición y entender la diferencia entre riesgo económico y financiero, Mascareñas (2008) mediante una monografía nos explica que el riesgo económico es la incertidumbre en el rendimiento de la inversión debido al cambio en la situación económica del sector en el que opera la empresa y, además, es una consecuencia directa de las decisiones de inversión. Por otro lado, el riesgo financiero o de crédito, es la incertidumbre asociada al rendimiento de la inversión debida a la posibilidad de que la empresa no pueda hacer frente a sus obligaciones financieras, por lo cual se refiere a la variabilidad de los beneficios esperados por los accionistas que adquirieron títulos, bonos o las mismas acciones.

Value at Risk

También conocido como VaR surge de una fuerte crisis financiera en donde Dennis Weatherstone CEO de la firma JP Morgan & CO decide solicitar informes breves y diarios en donde se mostrara el riesgo de pérdida en una cartera durante 24 horas. JP Morgan (1996) define el VaR como la medida del máximo cambio en el valor de una cartera de activos financieros con una probabilidad determinada en un horizonte de tiempo preestablecido, con lo cual determinado esta medida respondemos a la pregunta de: ¿Cuánto dinero puedo perder con x porcentaje de probabilidad en un horizonte de tiempo determinado? Para calcular el VaR es necesario tener en cuenta las desviaciones estándar y las correlaciones de los rendimientos financieros bajo el supuesto de que estos rendimientos se distribuyen normalmente.

A lo largo de los años esta medida cobró tal importancia que terminó por convertirse en la herramienta más utilizada a nivel mundial para medir el posible riesgo cuando se quiere invertir en una determinada cartera. Tras el estallido de la crisis en 2008, el VaR cobra especial importancia en las salas de tesorería de los bancos, por lo cual en el año 2010 se establece el tercer acuerdo de Basilea, en donde se pretende mejorar la eficiencia y solvencia en situaciones originadas por tensiones financieras

y económicas, para así prevenir riesgos o en su debido caso gestionarlos de mejor manera por medio de la transparencia en los estados financieros de los bancos.

Para esta investigación, se decidió determinar esta técnica gracias a que los resultados que proporciona se prestan para interpretarse de manera, al igual que integra el riesgo de mercado en un solo valor. Hay que tener en cuenta que para lograr que esta medida sea útil los datos tienen que ser fiables, de lo contrario los resultados obtenidos serían incoherentes. En el siguiente capítulo se explicará con mayor detalle la manera de medir este riesgo y las diferentes metodologías que se utilizaran en esta investigación.

CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

Para el adecuado desarrollo del modelo en el que se centra esta investigación, se utilizaron las siguientes técnicas y metodologías explicadas a continuación.

VaR

Linsmeier & Pearson (2019) definen el VAR como un modelo simple para la medición de las posibles pérdidas de un portafolio de inversión con una probabilidad de x por ciento durante un tiempo t determinado y expresado en días. Por ejemplo, si el VAR calculado para un período de tenencia de un día y con una probabilidad del 5% es de \$90.000, entonces la pérdida en el valor de mercado del portafolio superará los \$90.000 con una probabilidad del 5%. Por tanto, el VAR es de \$ 90 000. Sujeto a los supuestos simplificadores utilizados en su cálculo, VAR agrega todos los riesgos en una cartera en un solo número que es adecuado para su uso en la sala de juntas, informar a los reguladores o divulgar en un informe anual.

El VaR cuenta con principalmente tres técnicas para su cálculo, siendo la simulación histórica es la más simple de estas, consiste en una metodología no paramétrica ya que no asume una distribución normal para la rentabilidad del activo en cuestión, además, simula el comportamiento del precio para el siguiente periodo a partir de la volatilidad histórica y con base en ello, establece la serie histórica de pérdidas y ganancias, es aquí donde se ubica el correspondiente percentil x dado para el nivel de confianza previamente establecido.

Johnson (2001) menciona que el VaR proviene de la necesidad de cuantificar con determinado nivel de significancia o incertidumbre el monto o porcentaje de pérdida que un portafolio enfrentará en un periodo de tiempo. Además, el autor menciona que su medición tiene fundamentos estadísticos y el estándar de la industria es calcular el VaR con un nivel de significancia del 5%, lo que significa, en otras palabras, que 1 de cada 20 veces el retorno del portafolio caerá más de lo que señala el VaR, respecto al retorno esperado. Así, la fórmula del VaR tiene la siguiente estructura (ecuación 1), donde P_t es el precio del activo en el instante t y, por lo tanto, P_{t-1} es el precio del activo en el instante $t-1$:

$$Rend = Ln \left[\frac{P_t}{P_{t-1}} \right] \quad (1)$$

Luego, se determina un nivel de confianza del (95%) y un nivel de significancia del (5%). Para determinar el número de desviaciones (F) se utiliza la siguiente fórmula (ecuación 2):

$$F = INV.NORM.ESTAND (nivel\ de\ significancia) \quad (2)$$

Posteriormente, se determina la volatilidad histórica tomando la matriz de rentabilidades ($Rend$) (ecuación 3):

$$Volatilidad\ historica = DESVEST.M (Rend) \quad (3)$$

Para realizar el cálculo del VaR, primero se debe determinar el valor del VaR porcentual ($VaR\%$), el cual determina el porcentaje de la mayor pérdida posible, de la siguiente manera (ecuación 4).

$$VaR\ porcentual\ (\%) = RAIZ(Días) * F * Volatilidad\ historica \quad (4)$$

Finalmente, para determinar la máxima pérdida probable (VaR) se realiza el cálculo de la siguiente manera (ecuación 5).

$$VaR\ monetario = VaR\% * Monto \quad (5)$$

Monto: Número de acciones de la cartera, multiplicado por el precio de la acción

Así mismo, cabe mencionar que esta fórmula no es del todo general, sino que sufre algunas modificaciones dependiendo del modelo a adoptar.

Metodología paramétrica

Gracias a la naturaleza paramétrica de este método, los rendimientos del activo o portafolio en cuestión siguen una distribución normal. Por ello, para calcular el VaR por esta metodología, se hace uso de varias técnicas estadísticas para portafolio de activos. Así, para el cálculo de la metodología Delta Normal se usa la siguiente fórmula (ecuación 6):

$$VaR = S * \sigma_{activo} * F * \sqrt{t} \quad (6)$$

Donde:

S: Inversión a precios de mercado, o monto

σ_{activo} : Riesgo del activo

F: Número de desviaciones estándar

t: Tiempo en semanas

Para la metodología paramétrica EWMA, si bien, JP Morgan establece que usualmente se tome un valor de 0.95 para el factor de decaimiento λ , ya que, en el modelo creado para los contratos de futuro del agua NQH2O se usan datos de frecuencia semanal, se hace un pequeño ajuste al valor de 0.96 en este factor de decaimiento. Para calcular la varianza dinámica σ^2 , se hace uso de la ecuación 7:

$$\sigma_t^2 = \sum_{i=1}^t (1 - \lambda) * \lambda^{i-1} * R^2 \quad (7)$$

$$VaR = S * F * \sigma_t * \sqrt{t} \quad (8)$$

Metodología no paramétrica

Como bien lo explica **Ramírez, E. & Ramírez, P. (2007)**, la simulación histórica del VaR “consiste en generar escenarios de los factores de riesgo sobre la información observada en un determinado plazo de tiempo”. Por ello, primero se debe identificar los componentes activos de la cartera o portafolio, para luego reunir los datos

históricos de los precios a corte (pueden ser diarios, semanales o incluso mensuales), siempre y cuando se respete un periodo que oscile entre 250 y 500 días. Después, se crea un histograma de frecuencias de los rendimientos simulados, a partir del cual se calcula el cuantil correspondiente a dicho histograma. Para calcular el VaR, se busca el percentil empírico de estos rendimientos históricos, o también denominados cambios porcentuales que se encuentre más acorde con el nivel de confianza dado.

Ahora bien, para la metodología no paramétrica, se busca hallar el percentil adecuado dentro de los datos históricos del activo en cuestión, por ello es necesario reformular el modelo prescindiendo de F ya que no se sigue una distribución normal y añadiendo nuevas variables como P_1 (precio inicial de la simulación histórica, que a su vez toma el valor del último precio real), quedando finalmente de la siguiente forma:

$$P_n = P_1 * e^{R_d} \quad (9)$$

Luego, se halla el monto simulado, al multiplicar P_n por el número de acciones de la cartera. Al tener este monto, se pueden hallar las pérdidas y ganancias comparando este resultado, con el monto real actual.

Por último, se ordenan los valores simulados de pérdidas y ganancias de menor a mayor, luego, se divide el número total de datos sobre 100 para hallar cuántos datos tiene cada percentil de la serie, en donde el valor del VaR se encuentra en el percentil número X aproximadamente, esto, en concordancia con el nivel de significancia X elegido (usualmente 5%).

Cartera eficiente de Markowitz

Markowitz (1952) define su teoría como un método para hallar el máximo beneficio posible (R) al menor riesgo (x) de una cartera de inversión con mínimo 2 activos, para hallar este beneficio – riesgo ideal de una cartera primero se debe de recopilar información de todos los activos que se van a tomar en cuenta para esta cartera más específicamente los precios de cierre de la acción en un determinado espacio de tiempo, luego se debe de hallar la rentabilidad promedio de los activos en este periodo de tiempo, como se observa a continuación (ecuación 10 y 11):

$$R_i = \ln\left(\frac{pa_i}{pa_{i-1}}\right) \quad (10)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N} \quad (11)$$

Donde p_a es el precio de la acción en el periodo i , R es la rentabilidad y N representa la cantidad de datos del precio de la acción que se tomaron.

Luego se halla la desviación estándar de las rentabilidades que es la manera más común de cuantificar el riesgo de la acción en el mercado y hacemos uso de la siguiente formula (ecuación 11):

$$\sigma = \text{DEVST}.P(R_i) \quad (12)$$

Después se halla la varianza de las rentabilidades de la siguiente forma (ecuación 13):

$$\sigma^2 = \text{VAR}.P(R_i) \quad (13)$$

Posteriormente se calcula la covarianza de los 2 activos con la siguiente formula (ecuación 14):

$$\sigma_{12} = \text{COVARIANCE}.P(R1_i; R2_i) \quad (14)$$

Acto seguido se halla el coeficiente de correlación de los activos (ecuación 15):

$$\rho_{12} = \text{COEF. DE. CORREL}(R1_i; R2_i) \quad (15)$$

Para hallar la rentabilidad de la cartera primero debemos de asignar un “peso” que creamos adecuado para cada acción o en otras palabras debemos de proponer que tanto de nuestro capital vamos a invertir en cada activo de esta cartera y con esto definido resolvemos la siguiente ecuación (ecuación 16) para hallar la rentabilidad de la cartera:

$$Rp = W1 * R1 + W2 * R2 + \dots + Wn * Rn \quad (16)$$

Donde W representa el peso de cada activo en la cartera.

Finalmente, para hallar el riesgo de la cartera primero debemos de hallar su varianza utilizando la siguiente formula (ecuación 17):

$$\sigma_p^2 = (W1^2 * \sigma_1^2) + (2 * W1 * W2 * \sigma_{12}) + (W2^2 * \sigma_2^2) \quad (17)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} \quad (18)$$

Con estos datos hallados para la cartera se utilizará la herramienta **Solver** de Excel para optimizar estos resultados cambiando solo los pesos de cada acción. Como función objetivo se minimizará σ_p y se restringe que tanto W1 como W2 no sean iguales o mayores a 1 ni menores iguales a 0. Al realizar esto nos dará como resultado los W1 y W2 ideales para invertir en esta cartera y que el riesgo sea el mínimo posible.

CAPITULO III: NECESIDAD E IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua es un elemento de la naturaleza que es fundamental para el sostenimiento y la supervivencia de la vida en todo el planeta, no tan solo para la vida animal, sino también para todo tipo de organismo u ecosistema existente. El agua es un elemento que está compuesto por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno, consiguiendo así el compuesto conocido como H₂O, referente a las siglas de dichos átomos, la unión de estos átomos se consigue mediante la unión de cargas opuestas, el átomo de oxígeno se encuentra cargado negativamente y el de hidrógeno de manera positiva formando así una estructura denominada dipolar.

El planeta tierra está rodeado en gran parte por agua, sin embargo, las proporciones potables de esta no son tan numerosas como parece, el 97% del agua pertenece a los océanos y la restante agua dulce, por lo cual la escasez de esta es sinónimo de pérdida de especies y ecosistemas. En cuanto al ser humano, el cuerpo está compuesto por un 70% de agua, esto con la finalidad de desarrollar todos los procesos orgánicos como la digestión, la absorción y la eliminación de desechos, así mismo hace parte del sistema circulatorio, permitiendo transportar nutrientes hacia todo el cuerpo a través de la sangre, el ser humano usa en promedio 140 litros de agua al día, en consumo y en las diferentes actividades que realiza. Entre los beneficios que brinda el agua para el organismo son: mantener la temperatura al eliminar el calor sobrante, esto por medio de la transpiración y el vapor expulsado por los poros de la piel, alivia la fatiga, evita dolores de cabeza y reduce problemas cardiacos.

Para el caso de las plantas, estas están compuestas en un 70% a 90% de agua, agua que recolectan de las lluvias principalmente, a pesar de que están solo usan

cerca del 1% del agua que absorben, sin ella, el mundo vegetal estaría expuesto a la extinción y por consiguiente el planeta, a la sequía. Al ser un elemento vital para la supervivencia de todo ser vivo en el planeta tierra, el 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece la resolución 64/292 la cual consiste explícitamente el derecho humano al agua y el saneamiento, refiriéndose a el abastecimiento de agua por persona debe ser suficiente y continuo para el uso personal y doméstico, sin embargo, a pesar de ser un derecho fundamental, más de 844 millones de personas no tienen, ni siquiera, un servicio básico de suministro de agua potable.

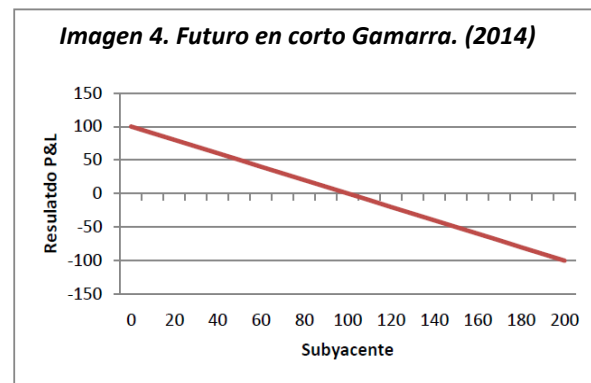
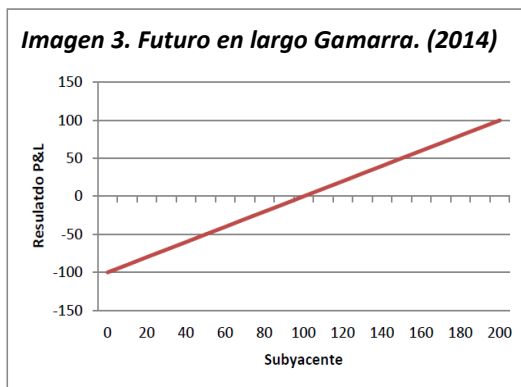
El agua es prácticamente imprescindible para sostener la biodiversidad, y en estos tiempos la humanidad se enfrenta un gran problema en la preservación de este recurso hídrico, debido al cambio climático que provoca aumentos de sequías, lluvias torrenciales e inundaciones debido al incremento de las temperaturas que conducen al deshielo de los glaciares en los polos produciendo así migraciones, cambios en los ecosistemas y la desaparición de fauna y flora. A lo que **Fundación Aquae (2021)** mediante su página web, comenta que la demanda de agua para el año 2050, podría aumentar hasta en un 55%, esto debido al crecimiento de la población, ocasionando así que más de 4.800 millones de personas vivan en áreas con estrés hídrico.

CAPITULO IV: CONTRATOS DE FUTURO DEL AGUA, SU HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS

A la hora de hablar de uno de los commodities comunes hemos de aclarar su definición, donde **Emiliano Gamarra (2014)**, dice que: “es un contrato a plazo negociado en un mercado organizado, donde las dos partes contratantes se obligan a comprar/vender un activo determinado (subyacente), en una fecha futura, independientemente de su precio en esa fecha, fijando en la fecha actual las condiciones básicas de la operación (entre ellas, fundamentalmente, el precio)”.

Una vez entendida su naturaleza financiera, se puede ahondar en sus posiciones básicas, primero la posición en largo (parte compradora), en donde este se beneficia

de subidas en precio del activo subyacente, estando expuesto también a las bajadas de precio; y segundo, la posición en corto (parte vendedora). Cabe mencionar que dentro del mercado de futuros encontramos el designado riesgo de contrapartida, donde existe la posibilidad de que la parte compradora incumpla el contrato de venta por fluctuaciones en el precio al contado. Es debido a esto, que nace la Cámara de Compensación, cuyo objetivo primordial es el de eliminar este riesgo de contrapartida, surge la Cámara de Compensación, esta entidad vela por los derechos de ambas partes, siendo intermediario en las operaciones de futuro, tomando el rol de vendedor frente a posiciones a largo, y de comprador frente a posiciones a corto.



Fuente: Gamarra, E. (2014). Mercado de Derivados ISEAD S.L. España. Madrid. Notas de clase.)

Otro aspecto a resaltar dentro de los contratos de futuro, son las entidades encargadas de todas las operaciones dentro del mercado conocidas como cámaras de compensación o de contrapartida: estas se encargan de garantizar el buen fin de todos los contratos realizados en los mercados de futuro y opciones, por lo que el comprador y el vendedor, no se obligan entre sí, sino ante la cámara de compensación, esto, quiere decir que esta cámara actúa como comprador frente al vendedor y de vendedor frente al comprador del futuro. Otras funciones son: La determinación diaria de depósitos de garantía por las posiciones abiertas, la determinación diaria del precio de liquidación, la liquidación diaria de las pérdidas y ganancias y la liquidación de los contratos en la fecha de su vencimiento.

Ahora bien, para plasmar la historia de los contratos de futuro del agua, hay que aclarar que este tipo de mecanismos no es en sí nuevo en la región (Estado de California), ya que, ésta tenía desde hace varias décadas ya institucionalizado los comúnmente denominados “mercados de agua”, sitios en donde se comercializaba con ciertos derechos de uso del agua en áreas geográficas relativamente grandes, como cuencas o acuíferos.

En varios lugares del mundo, ya existen mercados de agua tanto formales, regidos por leyes estatales que limitan la transa de usos de cantidades determinadas de agua durante periodos de tiempo relativamente largos, así como, informales, característicamente de alcance más local, por ejemplo, el uso del agua entre vecinos agricultores, a partir de propias reglas informales dentro de las comunidades, además, este uso comunitario suele limitar plazo de acceso al corto plazo, como los días, semanas o turnos de riego. Tal como lo documentan **Maass y Anderson (1978)**, en algunas regiones de España y Omán estos mercados informales del agua ya existen desde hace varios siglos. Actualmente, además del caso particular del estado de California, los mercados de agua formales se encuentran desarrollados en países como Chile, España, Omán, Australia, Canadá, India y China, entre otros.

Un caso para destacar es el de Chile, en donde el mercado formal de agua tiene su origen en el Código de Aguas de 1981, es decir, que se está hablando de un mercado al que se asocia una regulación e institucionalidad que (junto con sus reformas), lleva más de cuarenta años de experiencia e historia (**Bauer, 1997**).

Evidentemente, no es del todo preciso hacer un balance completo de la experiencia de todos los “mercados de agua” alrededor del mundo en este corto espacio de tiempo. Sin embargo, de cara al debate sobre la gestión del agua en el siglo XXI, en los estudios recogidos por **Easter & Huang (2014)**, destacan por lo menos dos importantes beneficios:

- La apertura de estos mercados genera un importante beneficio social en debido a que, como mecanismo de mercado, incrementan la eficiencia en

la asignación espacial y temporal del recurso entre usos necesariamente rivales (industrias, agricultura, consumo humano, etc.).

- Que los mercados de agua reducen la extracción de rentas que las administraciones públicas y la burocracia incurre al administrar directamente el recurso, estas mismas que, según resaltan los mismos autores, suelen ser opositores a que se creen estos mercados de agua.

CAPITULO V: ESTADO DE CALIFORNIA Y CME

La relación del estado de California con el agua es muy peculiar, ya que este estado presenta una larga historia de sequías que han puesto en peligro los recursos hídricos de la región.

La sequía histórica ha desenterrado viejas disputas sobre los derechos al agua, en donde la poderosa agroindustria, consume en promedio el 80% del abasto de agua de todo el estado, ya que las granjas en el valle central producen casi la mitad de las frutas y verduras del país, por lo cual el debate se genera al momento de pensar ¿Quién va a dejar de recibir el preciado líquido?

Todo empezó en 1863, cuando ocurrió la gran sequía, en la cual los ranchos ganaderos en especial los del sureste de California desaparecieron por completo; después de esto, el estado de California siguió experimentando condiciones desfavorables y prolongadas, tanto así, que en el siglo XX se experimentaron 3 sequías, en donde la más grande y duradera se presentó de los años 1987 al 1992, en donde veintitrés condados se declararon en estado de emergencia, a raíz de esto, el condado de Santa Barbara quien fue uno de los que experimentó las mayores reducciones de este recurso, instaló una planta desalinizadora y tubería de emergencia para tener suministros suficientes.

Ahora bien, Chicago Mercantile Exchange (CME) al ser la bolsa de transacción de derivados más grande del mundo, vio una oportunidad clara, y basándose en el índice creado en el 2018, Nasdaq Veles California Water (NQH2O), comenzaron a comercializar contratos de futuro del agua el 7 de diciembre de 2020, esto con el

objetivo conseguir un uso más eficiente del agua, especialmente con respecto al abastecimiento de ciudades como Los Ángeles.

Estos contratos de futuro nacidos de CME Group, cuentan con las siguientes especificaciones:

Unidad del Contrato	10 puntos de índice
Cotización de Precios	Dólares estadounidenses por Acre-Pie
Horarios Comerciales	CME Globex: Domingo - Viernes 5:00 pm - 4:00 pm CT con un descanso de 60 minutos cada día a partir de las 4:00 pm CT CME ClearPort: Domingo 5:00 pm - Viernes 5:45 pm CT con un período de mantenimiento de 15 minutos Lunes - Jueves de 5:45 pm a 6:00 pm CT
Fluctuación de Precio mínimo	1,00 por punto de índice = \$10,00
Código del Producto	CME Globex: H2O CME ClearPort: H2O Clearing: H2O
Contratos Listados	Contratos enumerados para 8 cortes trimestrales consecutivos, más, aquellos de 2 meses de serie más cercanos.
Método del Liquidación	Liquidado Financieramente
Precio Flotante	Precio al contado del índice Nasdaq Veles California Water Index publicado el tercer miércoles del mes.
Terminación de la Negociación	La negociación termina el día hábil anterior al tercer miércoles del mes del contrato.

Tabla 1. Especificaciones de contrato de agua NSQH2O. Fuente propia

CAPITULO VI: DETERMINACIÓN CARTERA EFICIENTE DE MARKOWITZ

Para el desarrollo de este modelo de Markowitz, se utilizó el oro como segundo activo dentro de la cartera o portafolio, para diversificar el riesgo, esto, debido a su naturaleza como “activo refugio”, lo cual se explica más detalladamente a continuación.

Oro

El oro es un metal precioso que es codiciado gracias a que es muy maleable, dúctil, brillante y muy resistente a la corrosión lo que lo hace un material muy duradero,

gracias a estas condiciones es muy apreciado en la joyería ya que prácticamente se puede hacer cualquier forma gracias a su maleabilidad por esto se utiliza para crear desde anillos hasta estatuas muy detalladas. Él porque es un material tanpreciado es debido a que es muy escaso en la naturaleza y no se puede fabricar artificialmente.

El oro como activo es muy seguro para invertir ya que se considera que es un commodity debido a su condición de materia prima y además le conoce como un activo refugio que son aquellos que son estables y están menos expuestos a la volatilidad del mercado y son usados para salvaguardar el capital que se les invierta frente a otro tipo de activos, el oro es considerado como tal porque al ser un material no corrosivo mantiene su calidad durante largos periodos de tiempo además este material es relativamente fácil de cambiar por cualquier denominación de moneda en el mundo ya que es apreciado por todos, además según el portal Valora Analitik (2021) “el oro es un bien finito, pero capaz de permanecer en circulación por décadas, distinto a lo que ocurre con el petróleo, por ejemplo, que se consume cada vez más rápido y es cada vez más complejo de reemplazar”.

Resultados cartera eficiente de Markowitz

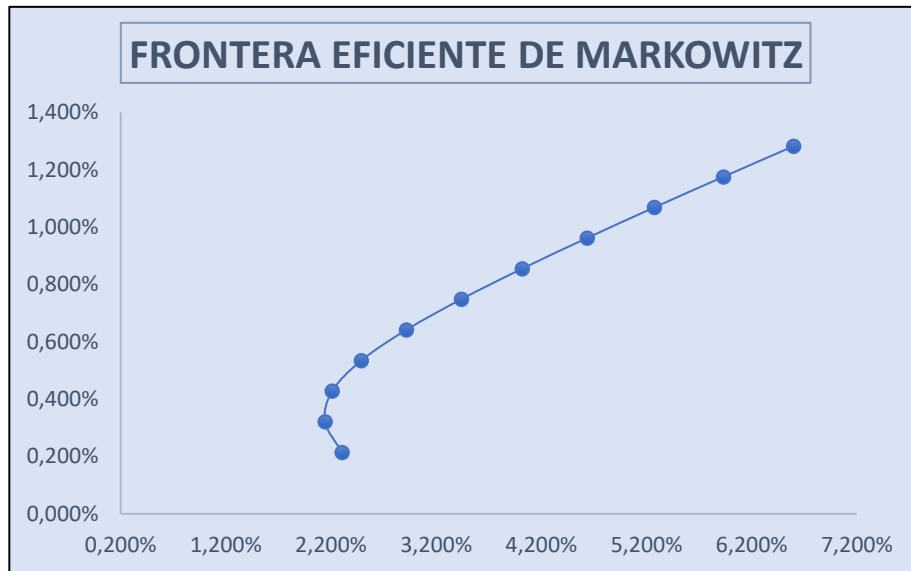
En este modelo se tuvieron en cuenta los datos de frecuencia semanal desde el 4/09/2019 hasta el 17/11/2021. Para el modelo de cartera eficiente de Markowitz para los contratos de futuro del agua NQH2O, se obtuvo la siguiente frontera eficiente:

PARTICIPACIÓN	
AGUA	12,08%
ORO	87,92%

Tabla 2. Resumen resultados Cartera eficiente de Markowitz. Fuente propia

	σ	μ
0%	2,304%	0,214%
10%	2,143%	0,321%
20%	2,211%	0,428%
30%	2,488%	0,534%
40%	2,916%	0,641%
50%	3,438%	0,748%
60%	4,019%	0,855%
70%	4,635%	0,961%
80%	5,276%	1,068%
90%	5,932%	1,175%
100%	6,599%	1,282%

Tabla 3. Parámetros σ y μ por porcentaje de participación. Fuente propia



Gráfica 1. Frontera eficiente de Markowitz. Fuente propia

Donde para este portafolio, la participación óptima (para obtener le menor riesgo) de los contratos de futuro del agua NQH2O es de 12,08%, así mismo, la participación del Oro dentro de la cartera es del 87,92%.

CAPITULO VII: DETERMINACIÓN DEL VaR

Para los contratos de futuro del agua NQH2O se utilizó un modelo con datos de frecuencia semanal desde el 4/09/2019 hasta el 17/11/2021, así mismo, se utilizaron los siguientes parámetros: 1000 contratos, precio de mercado al 17/11/2021 con valor de \$733.42 dólares estadounidenses, un nivel de confianza del 95%, y un t (tiempo) de 1 semana. Con esta configuración de variables se obtuvieron los siguientes resultados:

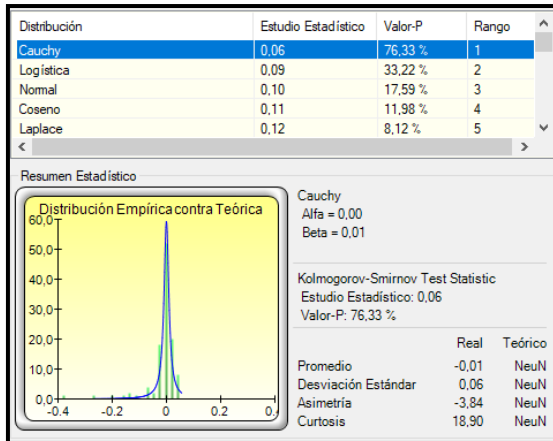
	VaR %	VaR \$
Delta-Normal	-9,582%	-\$ 70.275
EWMA	-7,452%	-\$ 54.658
Simulación histórica de precios	-1,541%	-\$ 11.302
Simulación de Montecarlo	-3,198%	-\$ 23.452
SMC con Risk Simulator	-7,13%	-\$ 52.293

Tabla 4. Resumen resultados VaR por diferentes técnicas. Fuente propia

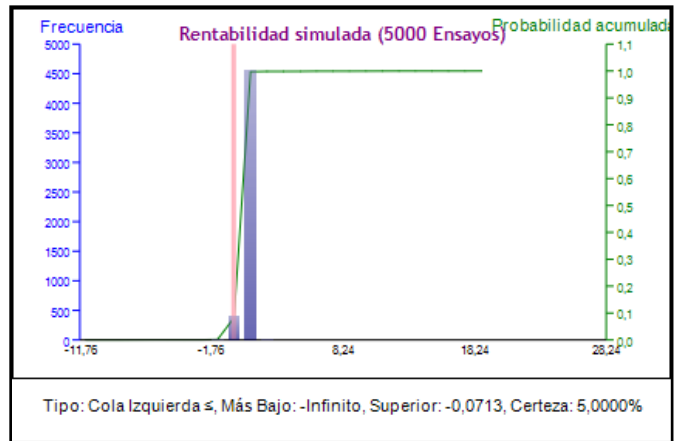
Gracias a la tabla 2 podemos ver que para las metodologías paramétricas Delta-Normal y EWMA, se obtuvieron valor del VaR de aproximadamente -\$70.000 y -\$54.000, respectivamente. Para la simulación histórica de precios resultó en un VaR de -\$11.000 aproximadamente, para la simulación de Montecarlo se tiene que la máxima pérdida a la que se vería expuesto un inversionista a una semana de inyectar capital en los contratos de futuro del agua NQH2O, sería de -\$23.000 dólares estadounidenses aproximadamente.

Finalmente, al utilizar el software Risk Simulator, la simulación de Montecarlo arrojó un valor de aproximadamente -\$52.000 dólares estadounidenses, esta técnica al utilizar 5.000 parámetros o iteraciones, presenta un rigor o certeza estadística mucho mayor al de las demás técnicas.

A continuación, podemos apreciar las rentabilidades simuladas de los datos históricos de los contratos de futuros del agua siguiendo la distribución de Cauchy, la cual es la que más se ajusta a estos datos, seguida por la logística, la normal, coseno, y finalmente, Laplace:



Gráfica 2. Resumen de distribuciones. Fuente por Risk Simulator



Gráfica 3. Rentabilidad simulada por distribución de Cauchy. Fuente por Risk simulator

CAPITULO VIII: ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

De los resultados arrojados por las diferentes técnicas del VaR, se observa que por Delta Normal se llega al valor más cercano a la mayor pérdida posible al invertir en 1.000 contratos de futuro del agua, a continuación, se representa en orden de mayor a menor pérdida, las diferentes técnicas utilizadas.

	VaR %	VaR \$
Delta-Normal	-9,582%	-\$ 70.275
EWMA	-7,452%	-\$ 54.658
SMC con Risk Simulator	-7,13%-	-\$ 52.293
Simulación de Montecarlo	-3,198%	-\$ 23.452
Simulación histórica de precios	-1,541%	-\$ 11.302

Tabla 5. Resumen resultados VaR en orden de mayor a menor perdida. Fuente propia

Considerando el resultado arrojado por la cartera eficiente de Markowitz, la cual nos indica que solo se debería invertir un 12,08% del total del capital en contratos de futuro del agua, lo que finalmente equivale a 121 contratos de futuro, lo cual da como resultado que las posibles pérdidas por cada una de las técnicas utilizadas son las siguientes:

	VaR %	VaR \$
Delta-Normal	-9,582%	-\$ 8.488
EWMA	-7,452%	-\$ 6.601
SMC con Risk Simulator	-7,13%	-\$ 6.316
Simulación de Montecarlo	-3,198%	-\$ 2.832
Simulación histórica de precios	-1,541%	-\$ 1.365

Tabla 6. Resumen resultados VaR con 121 contratos. Fuente propia

Finalmente, tras todo el desarrollo de esta investigación, se puede concluir que, evidentemente sí hay riesgo financiero al invertir capital en los contratos de futuro del agua (**NQH2O**), negociados en la CME, en el periodo 2019-2021. Este riesgo, después de aplicar la teoría de Markowitz y utilizando la técnica por Risk Simulator (en donde hay mayor certeza al haber más número de datos), se establece con un valor de **7,13%** en pérdida. Por ello, se rechaza la hipótesis inicial, en donde se establecía este valor como nulo o cero.

Así mismo, se cumple el objetivo general de esta investigación, en donde se establece el riesgo financiero que conllevaría invertir en contratos de futuro del agua y se analizan los contratos de futuro del agua dentro del mercado de derivados, con la finalidad de encontrar el riesgo financiero que representa para los inversionistas, mediante el cálculo de Value at Risk (VaR) y utilizando la teoría de portafolio eficiente de Markowitz.

REFERENCIAS

- Alonso Cifuentes, JC (2005). Valor en Riesgo: Evaluación del desempeño de diferentes metodologías para 7 países latinoamericanos. Universidad ICESI. Junio de 2005
- Álvarez Piedrahita, I. (2017). Finanzas estratégicas y creación de valor (Edición en español) (5th ed.). Ecoe Ediciones. ISBN 13: 978-9587713640
- Arias, L., Rave, S., & Castaño, J. (2006). Metodologías para la medición del riesgo financiero en inversiones. *Scientia Et Technica*, XII (32),275-278. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=849/84911652048>
- AsersAgua. (2021, 28 abril). Historia de las sequías en California. ASERSAgua. <https://www.asersagua.es/historia-de-las-sequias-en-california/>
- Bauer, C. (1997). *Bringing Water Markets Down to Earth: The Political Economy of Water Rights in Chile*, 1976-95.
- Caballero, F. (2020, diciembre 14) El agua cotiza en Wall Street. <https://economipedia.com/actual/el-agua-cotiza-en-wall-street.html>.
- CME – Chicago Mercantile Exchange – Especificaciones del contrato. NASDAQ Veles California Water Index Futures. Disponible en: https://www.cmegroup.com/trading/equity-index/us-index/nasdaq-veles-california-water-index_contract_specifications.html#
- Colaboradores de Wikipedia. (2019, septiembre 14). Chicago Mercantile Exchange. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Chicago_Mercantile_Exchange
- Deutsche Welle (www.dw.com). (2020). El agua en la bolsa de valores: ¿protección o especulación? DW.COM. Disponible en: <https://www.dw.com/es/el-agua-en-la-bolsa-de-valores-protecci%C3%B3n-o-especulaci%C3%B3n/a-55998251>
- Easter, W., & Huang, Q. (2014). *Water Markets for the 21st Century*. En VV.AA., *Water Markets: How Do We Expand Their Use?* (pp. 1 a 9).
- Fundación Aquae. (2021, 23 septiembre). La importancia del agua para vivir - Fundación Aquae. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/importancia-del-agua>
- Gamarra, E. (2014). Mercado de Derivados ISEAD S.L. España. Madrid. Notas de clase.

- García, P. Y., & García, P. Y. (2020, diciembre 28). Así son los futuros del agua que ya cotizan en Wall Street. Newtral. <https://www.newtral.es/futuros-del-agua-wall-street/20201228/>
- Gitman, L. J., Joehnk, M. D., Carrión, M. Á. S., Rodríguez, N. M. Á., & Rivera, I. P. (2009). Fundamentos de inversiones. Pearson Educación. ISBN: 978-970-26-1514-9
- Hagstrom, Robert (2006): The Warren Buffet Way.
- Johnson, C. (2001). Value at risk: Teoría y aplicaciones. Estudios de economía, 28(2), 217-247.
- Lara, A., & de Lara, A. (2005). Productos Derivados Financieros: Instrumentos, Valuación y Cobertura de Riesgo. Limusa. ISBN: 968-18-6633-9. Disponible en: <https://books.google.nl/books?id=NdmPbFiiI9sC>
- Maass, A., & Anderson, R. (1978). *The Desert Shall Rejoice: Conflict, Growth, and Justice in Arid Environments*. Cambridge: The MIT Press.
- Markowitz, H. (1952) "Portfolio Selection". Journal of Finance. Vol. 7 N.1. marzo, (pp.77 a 91).
- Martínez, F. (2020, diciembre 9). Las diferentes metodologías para medir el VaR y cómo utilizar esta herramienta de cuantificación del riesgo. FundsPeople España. Disponible en: <https://fundspeople.com/es/glosario/las-diferentes-metodologias-para-medir-el-var-y-como-utilizar-esta-herramienta-de-cuantificacion-del-riesgo>
- Nasdaq Veles California Water. (2021, mayo 27). CME – (CME precio con retraso.). [H2O=F]. Extraído de: <https://finance.yahoo.com/quote/H2O%3DF?p=H2O%3DF>
- NEWS, U. S. (2020, diciembre 16). 7 Ways to Invest In Water. <https://Money.Usnews.Com>. <https://money.usnews.com/investing/stock-market-news/slideshows/ways-to-invest-in-water?slide=8>
- NQH2O. (2019). Nasdaq. <https://www.nasdaq.com/es/market-activity/index/nqh2o>
- Passantino, J. (2021, mayo 13). Sequía en California: la mayor parte está en estado de emergencia. CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2021/05/12/sequia-california-estado-emergencia-trax/>
- Ramírez, E. R., & Ramírez, P. A. R. (2007). Valor en riesgo: modelos econométricos contra metodologías tradicionales. Análisis económico, 22(51), 179-198.

- Redacción de CUSINARE (2020, marzo 25) De Grecia y Roma a la actualidad, breve historia del agua mineral. <https://www.cucinare.tv/2020/03/25/de-grecia-y-roma-a-la-actualidad-breve-historia-del-agua-mineral/>
- Risk Simulator disponible en: <https://www.software-shop.com/producto/risk-simulator>
- Romero, C. (2010, junio 16). La teoría moderna del portafolio: un ensayo sobre sus formulaciones originales y sus repercusiones contemporánea. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/odeon/article/view/2867/2519>
- Rosales, E. (2020, abril 27). ¿Cómo el agua siendo un producto gratis se convirtió en una industria que vale millones? <https://www.dineroenimagen.com/management/como-el-agua-siendo-un-producto-gratis-se-convirtio-en-una-industria-que-vale-millones>
- U.S. Drought Monitor. (2000, enero 1). <https://Droughtmonitor.Unl.Edu>. <https://droughtmonitor.unl.edu/CurrentMap/StateDroughtMonitor.aspx?CA>
- Valora Analitik. (2021, marzo 15). <https://www.valoraanalitik.com/2021/03/15/por-que-el-oro-funciona-como-activo-refugio/>
- Value at Risk. (2015). Taylor & Francis. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2469/faj.v56.n2.2343> Fundación Aqueae. (2021, 23 septiembre).