Análisis estadístico y financiero del precio del oro y su relación con los indicadores macroeconómicos de Estados Unidos, un análisis desde la Ingeniería Industrial

Francisco Javier Areiza Chavarría

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Modalidad de Práctica

Trabajo de Grado

Asesora interna

Gloria Lucía Ramírez Córdoba, Doctor (PhD) en Finanzas

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Areiza Chavarría, 2025)
Referencia **Estilo APA 7 (2020)**	Areiza Chavarría, F. (2025). *Análisis estadístico y financiero del precio del oro y su relación con los indicadores macroeconómicos de Estados Unidos, un análisis desde la Ingeniería Industrial* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

creative commons CC BY NC SA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Vicerrectoría de Docencia

Sistema de Bibliotecas

Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: http://bibliotecadigital.udea.edu.co

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Primeramente, a Dios y toda la gloria para EL. A mi madre: Eugenia, mi gran ejemplo de lucha y perseverancia ante las adversidades, quien con sus propias manos abrió un camino para todos sus hijos. A mi bella hija: Mariajosé, mi inspiración diaria y el motivo de persistir en este sueño. Tu llegada fue mi mejor regalo, te amo con mi alma hija. A mi esposa: Laura, mi fuerte, mi refugio, mi lugar seguro y con quien he vivido los mejores momentos de mi vida, gracias por tu amor y apoyo incondicional. A mis hermanas: Erica, Sofía y Eliza que, sin ser su obligación y con amor y esfuerzo, me ayudaron a salir adelante, gracias infinitas. A mi hermana: Laura, mi gran compañera de infancia y quien me enseño el valor de la lealtad y la amistad. A mis sobrinos: Alejandro, Milena, Manuela y Martina para quienes anhelo vean el valor de la educación en la transformación de nuestras realidades. Finalmente, a mis dos ángeles que hoy desde el cielo deseo se sienta orgullosos de este logro, mi padre: Bertulfo y mi abuela: Angélica.

Agradecimientos

A mi Alma Mater: Universidad de Antioquia, donde aprendí el verdadero valor de la educación como principal motor de transformación de la sociedad. A la Facultad de Ingeniería y su equipo directivo y administrativo, por su excelente labor. Al Departamento de Ingeniería Industrial y todo su grupo docente por su calidad académica y por la formación otorgada. Al Departamento de Admisiones y Registro de la Universidad de Antioquia donde, mientras me formé como ingeniero, enfrenté retos laborales y profesionales.

Tabla de contenido

Resumen 9

Abstract 11

1. Introducción 13

2. Objetivos 15

2.1 Objetivo general: 15

2.2 Objetivos específicos: 15

3. Marco teórico 16

4. Metodología 24

5. Análisis de resultados 25

6. Conclusiones y recomendaciones 66

Referencias 67

Lista de tablas

Tabla 1. Eventos macroeconómicos con mayor impacto en la economía de EE.UU. Investing.com. 38

Tabla 2.Hipótesis de efecto esperado de los indicadores en el precio del oro. Elaboración propia. 41

Lista de figuras

Ilustración 1. Datos de reserva de oro por países: Tomado de WGC 13

Ilustración 2. Estadística de oferta y demanda: Tomado de WGC. 17

Ilustración 3. Comportamiento precio del Oro. Tomado de Investig.com.....18

Ilustración 4. Formula coeficiente de correlación. Tomado de jmp.com.....21

Ilustración 5. Información del precio del oro. Tomado de Investig.com 25

Ilustración 6. Datos del precio del oro en temporalidad 5 minutos. Tomado de MT4 broker ICMarkets. 27

Ilustración 7. Información del NASDAQ. Tomado de Investig.com.....28

Ilustración 8. Calendario Económico. Tomado de Investig.com 28

Ilustración 9. Archivo Excel con los datos del precio del oro y los eventos macroeconómicos. Elaboración propia. 30

Ilustración 10. Gráfico análisis técnico oro. Plataforma Tradingview. Elaboración propia. 33

Ilustración 11. Histograma precio del oro. Elaboración propia. 33

Ilustración 12. Histograma precio del oro por décadas. Elaboración propia 34

Ilustración 13. Histograma volatilidad del oro. Elaboración propia 35

Ilustración 14. Histograma volatilidad del oro por décadas. Elaboración propia 35

Ilustración 15. Histograma rendimiento del oro. Elaboración propia.....36

Ilustración 16. Histograma rendimiento del oro por décadas. Elaboración propia.....37

Ilustración 17. Gráficos de líneas, indicadores macroeconómicos de EE.UU.. Elaboración propia 40

Ilustración 18. Diagrama de correlaciones esperadas. Elaboración propia.....44

Ilustración 19. Diagramas de dispersión, indicadores macroeconómicos vs precio del oro. Elaboración propia 45

Ilustración 20. Matriz de correlación 1980 2025. Elaboración propia.....46

Ilustración 21. Matriz de correlación década reciente 2020-2025. Elaboración propia.....48

Ilustración 22. Matriz de correlación década reciente 2020-2025. Elaboración propia.....49

Ilustración 23. Correlación teórica vs correlación real. Elaboración propia 50

Ilustración 24. Resultados de modelos ARIMA y ARIMAX. Elaboración propia 51

Ilustración 25. Resultado pronóstico ARIMAX vs datos reales del oro. Elaboración propia 54

Ilustración 26. Gráfico de variación porcentual de la volatilidad promedio diaria. Elaboración propia 55

Ilustración 27. Gráfico de volatilidad promedio diaria. Elaboración propia 55

Ilustración 28. Gráfico de volatilidad promedio en temporalidad 5 minutos. Elaboración propia 56

Ilustración 29. Gráfico de rendimientos promedio diarios. Elaboración propia 58

Ilustración 30. Cálculo del beta, riesgo del mercado del oro vs NASDAQ. Elaboración propia .. 59

Ilustración 31. Gráfico de dispersión del precio del oro vs los rendimientos del NASDAQ. Elaboración propia 59

Ilustración 32. Parámetros del Expert para ejecutar operaciones. Elaboración propia 62

Ilustración 33. Ingreso prueba operación real. Elaboración propia. 63

Ilustración 34. Avance prueba operación real. Elaboración propia. 64

Ilustración 35. Desarrollo prueba operación real. Elaboración propia. 64

Siglas, acrónimos y abreviaturas

XAUUSD	Oro, cotización en dólares americanos
MT4	Plataforma Metatrader 4.
NASDAQ	Índice accionario de la bolsa de Nueva York
EE.UU.	Estados Unidos de América.
PIP	Point in Percentage.
ARIMA	AutoRegressive Integrated Moving Average
MAPE	*Mean Absolute Percent Error*

Resumen

El oro ha sido históricamente un activo de refugio en tiempos de incertidumbre económica y un atractivo de inversión en tiempos de bonanza. Según el Consejo Mundial del Oro (WGC), en el tercer trimestre de 2024 la demanda global aumentó un 5%, alcanzando un máximo histórico. De acuerdo con la misma Institución, Estados Unidos es el país con mayor reserva de oro del mundo con 8.133 toneladas (La República, 2024). En enero de 2025, el precio del oro alcanzó los 2.845 dólares por onza, reflejando su relevancia durante los últimos acontecimientos económicos.

El desarrollo del presente trabajo tiene como objetivo analizar el precio del oro, su rendimiento y volatilidad histórica y el impacto que tienen los indicadores macroeconómicos de Estados Unidos sobre el mismo. Para ello se utilizaron herramientas estadísticas y financieras aprendidas en el programa de Ingeniería Industrial tales como series de tiempo, analítica de datos, análisis técnico, gestión del riesgo financiero, entre otras, con el fin de establecer estrategias y recomendaciones para la inversión en este activo.

Inicialmente, se identificaron las fuentes de los datos, se descargaron y se depuraron los mismos obteniendo información del precio diario del oro y de los eventos macroeconómicos desde 1980 hasta 28 de febrero de 2025. Posteriormente, se realizó un análisis exploratorio de los datos mediante grafios de líneas e histogramas. Se analizó la correlación entre el oro y los eventos macroeconómicos de EE.UU. y se desarrollaron modelos de series de tiempo (ARIMA y ARIMAX). También se estudió el rendimiento del oro y su volatilidad.

Finalmente, se logró identificar los Tipos de Interés, las Ventas de Vivienda de Segunda Mano, las Ventas de Vivienda Nuevas, las Ofertas de Empleo, el PMI Manufacturero y el PMI no Manufacturero como las principales variables macroeconómicas correlacionadas con el oro. También se puedo desarrollar un modelo ARIMAX con variables regresoras, mediante el cual se obtuvo el pronóstico para 30 días, registrando un MAPE de 1,68%. Adicionalmente, se logró concluir que, durante la publicación de noticias sobre los eventos macroeconómicos, el precio del oro aumenta significativamente su volatilidad, con cambios mayores en temporalidades pequeñas, como 5 minutos, donde se tiene un aumento de hasta 8 veces la volatilidad promedio. Además, se concluyó que existen eventos macroeconómicos para los cuales, durante el día de la publicación

de sus noticias, se puede establecer un rendimiento promedio diario que permite decidir si se entra en operación en compra o en venta. Finalmente, se calculó el beta para riesgo de mercado y se estableció que, respecto al NASDAQ, el oro es un activo refugio que no tiene una correlación directa con el mercado accionario de EEUU.

Palabras clave: oro, xauusd, indicadores, macroeconómicos, series de tiempo, rendimientos, volatilidad.

Abstract

Gold has historically been a safe-haven asset during times of economic uncertainty and an attractive investment during periods of economic growth. According to the World Gold Council (WGC), global demand increased by 5% in the third quarter of 2024, reaching an all-time high. According to the same institution, the United States holds the largest gold reserves in the world, with 8,133 tons (La República, 2024). In January 2025, the price of gold reached $2,845 per ounce, reflecting its relevance during recent economic events.

The purpose of this study is to analyze the price of gold, its historical performance and volatility, and the impact of U.S. macroeconomic indicators on it. To achieve this, statistical and financial tools learned in the Industrial Engineering program were used, such as time series analysis, data analytics, technical analysis, financial risk management, among others, with the aim of establishing strategies and recommendations for investing in this asset.

Initially, data sources were identified, and data was downloaded and cleaned, obtaining daily gold prices and macroeconomic event data from 1980 to February 28, 2025. An exploratory data analysis was then carried out using line charts and histograms. The correlation between gold and U.S. macroeconomic events was analyzed, and time series models (ARIMA and ARIMAX) were developed. Gold returns and volatility were also studied.

As a result, Interest Rates, Existing Home Sales, New Home Sales, Job Openings, the Manufacturing PMI, and the Non-Manufacturing PMI were identified as the main macroeconomic variables correlated with gold. An ARIMAX model with regressor variables was also developed, providing a 30-day forecast with a MAPE of 1.68%. Additionally, it was concluded that during the release of news on macroeconomic events, gold’s price significantly increases in volatility, with changes up to eight times the average volatility over short timeframes, such as 5-minute intervals. It was also found that for certain macroeconomic events, an average daily return can be identified on the day of the news release, allowing for informed decisions on whether to take long or short

positions. Finally, the beta for market risk was calculated, and it was established that, relative to the NASDAQ, gold is a safe-haven asset with no direct correlation to the U.S. stock market.

Keywords: gold, xauusd, indicators, macroeconomic, time series, returns, volatility.

1. Introducción

El oro como activo financiero es un instrumento de suma importancia para diferentes fondos de inversión dado que, la mayoría de las economías mundiales tiene una gran reserva de este metal como mecanismo de protección ante crisis de sus monedas, razón por la cual históricamente se ha considerado como un activo de refugio. Este activo se consolida, además, como un elemento fundamental en la creación de portafolios de inversión debido a sus rendimientos anuales históricos.

Según datos del Consejo Mundial del Oro (WGC siglas en inglés), la demanda de oro ha aumentado un 5% en el tercer trimestre de 2024, lo que supone un máximo histórico (World Gold Council, 2024). De acuerdo con la misma Institución, Estados Unidos es el país con mayor reserva de oro del mundo con 8.133 toneladas, tal como se muestra en la ilustración 1 (La República, 2024). En enero de 2025, este activo alcanzó un máximo histórico de 2.845 dólares por onza, reflejando su importancia en tiempos de incertidumbre económica y fluctuaciones del dólar estadounidenses.

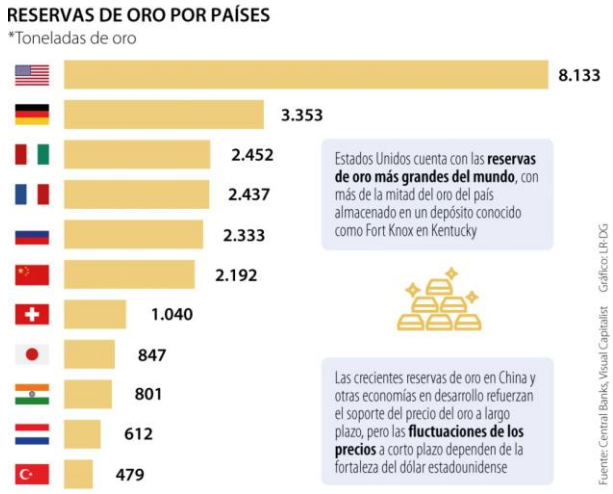


Ilustración 1. Datos de reserva de oro por países: Tomado de WGC

Debido a esta gran reserva de oro de EE. UU., cuando la economía de este país se fortalece, la compra de oro se vuelve más costosa para inversores de otros países y que usan otras monedas (como el euro, el yen o la libra) y, por lo tanto, se disminuye su compra y su precio finalmente baja. De manera contraria, cuando la economía estadounidense se debilita, la compra de oro se

hace más atractiva para inversionistas de otros países lo que hace aumentar la demanda de este activo y, por lo tanto, su precio termina subiendo (J.P. Morgan Private Bank, 2024).

Por lo anterior, se encuentra necesario y pertinente realizar un análisis de los diferentes indicadores macroeconómicos de EE. UU. y su impacto en el precio del oro. Para ello se consulta información histórica en bases de datos y portales especializados del sector financiero, de los diferentes indicadores macroeconómicos oficiales derivados del comportamiento de la economía estadounidense tales como tasas de interés, indicadores de inflación, tasas de desempleo, PIB y otros indicadores que den cuenta del estado de la fortaleza o debilidad del dólar americano. Con los datos de estos indicadores, se hace un análisis de aquellos que tiene mayor correlación, relevancia e incidencia en el precio de este activo, y así medir su impacto y plantear recomendaciones de inversión basadas en estos análisis. Para ello, se utilizan herramientas como análisis financieros, análisis de datos, series de tiempo, modelos de pronósticos y otras herramientas estadísticas.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende establecer el impacto y relación de los indicadores macroeconómicos de EE. UU. en el precio del oro, su rendimiento y volatilidad, además de establecer una base de análisis para alternativas, recomendaciones y estrategias de inversión y gestión de riesgo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general:

Analizar el precio del oro, su rendimiento, su volatilidad y el impacto de los indicadores macroeconómicos de Estados Unidos en este activo, con el fin de identificar aquellos que tienen mayor correlación, relevancia e incidencia y plantear recomendaciones de inversión basadas en estos análisis.

2.2 Objetivos específicos:

- Identificar los principales indicadores macroeconómicos de Estados Unidos, tales como tasas de interés, inflación, tasas de desempleo, PIB entre otros.
- Evaluar la correlación entre los indicadores macroeconómicos de EE.UU. y el precio del oro, así como con su rendimiento y volatilidad, utilizando herramientas de análisis de series de tiempo y análisis financieros.
- Plantear alternativas y recomendaciones para incorporar el oro en estrategias de inversión y gestión de riesgo basadas en el análisis realizado.

3. Marco teórico

Para el desarrollo del presente trabajo se hace necesario abarcar conceptos relacionados con el oro y su cotización en los mercados financieros, además, del conocimiento básico sobre los indicadores macroeconómicos de EE. UU. y finalmente herramientas estadísticas como series de tiempo y correlaciones. A continuación, se presentarán estos conceptos.

Aspectos generales del oro:

De acuerdo con el texto *El oro: todo lo que debe saber en 100 preguntas* (AngloGold Ashanti, 2014), el oro es un elemento químico, un metal con características propias como su brillo, maleabilidad y su ductilidad, además de ser un metal que no se oxida, no se descompone ni sufre corrosiones. Desde su descubrimiento, este metal ha representado para la humanidad gran valor como respaldo económico, esto debido a que es un recurso no renovable cuyo proceso de extracción es complejo y se encuentra en la naturaleza en cantidad concentrada. Anteriormente, el oro se usó como moneda para transacción comercial y hoy en día es un activo de inversión y refugio para los bancos centrales como cobertura ante posibles crisis de sus economías y la devaluación de sus monedas.

Según los datos del Consejo Mundial del Oro, actualmente el este activo se usa principalmente para joyería, artes y para conformar las reservas del sistema bancario mundial e inversión de los países y particulares (ver ilustración 2). También tiene uso en alta tecnología, como cámaras, relojes y equipos de diagnóstico (World Gold Council, s.f.).

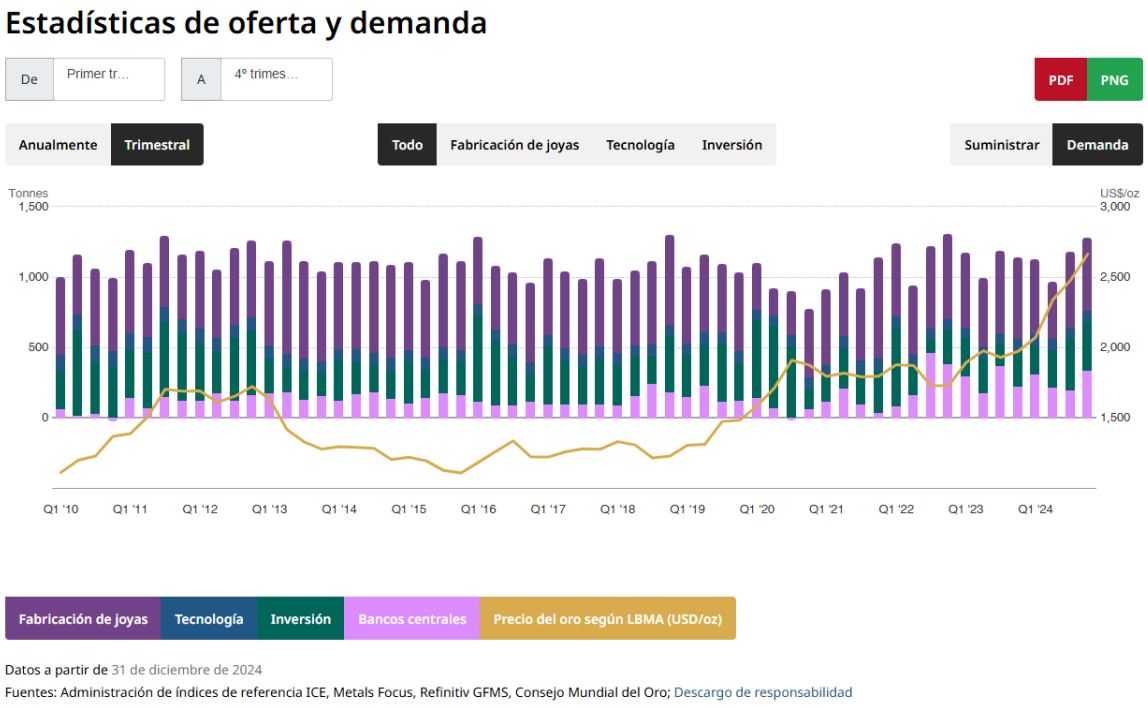


Ilustración 2. Estadística de oferta y demanda: Tomado de WGC.

Ahora bien, el oro como activo financiero, se comercializa en diferentes plataformas de negociación. El encargado de fijar el precio del oro a nivel internacional es la organización Gold Fixing Association, que es una entidad comercial con sede en Londres, quien mediante sus cinco miembros (entidades comerciales y financieras), se encargan de establecer el precio de este metal de acuerdo con la oferta y la demanda mundial del mismo según los datos de los distintos mercados financieros (BBVA, 2024).

De acuerdo con este precio y las respectivas tasas de cambio en las distintas divisas, los brokers o entidades intermediarias de comercialización crean los instrumentos financieros para poder negociar (comprar y vender) dicho metal frente a la moneda base de interés. Por ejemplo, el instrumento financiero conocido como XAUUSD sigue la cotización del oro vs el dólar estadounidense, así mismo, el instrumento XAUEUR sigue el precio del oro contra el euro. El XAU simboliza el oro por el símbolo químico de la tabla periódica AU.

Usualmente, el movimiento del precio del oro suele expresarse en pips (point in percentage) o punto porcentual, que es la unidad de medida más pequeña que mide el cambio de precio de un

activo financiero en el mercado de divisas (AvaTrade, s.f.). Por ejemplo, si el precio del oro en términos del dólar estadounidense (XAUUSD) pasa de 2.918 USD por onza a 2.919 USD se dice que su movimiento es de 10 pips. Sin embargo, en el desarrollo de este trabajo, por simplicidad para el análisis, se tomará la medida solo en puntos, esto es, por ejemplo, para el caso anterior, diremos que el precio se movió 1 punto (10 pips= 100 ticks).

En la actualidad, el oro se encuentra en precio de máximos históricos sobrepasando los 2.845 dólares por onza en enero de 2025. La evolución de este se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 3. Comportamiento precio del Oro. Tomado de Investig.com

Sobre los indicadores macroeconómicos de Estados Unidos:

Para analizar la economía de un país es fundamental conocer el comportamiento de sus indicadores macroeconómicos. Uno de los indicadores más significativos son los **tipos de interés** que, de acuerdo con el Banco de la República de Colombia, es la tasa a la cual el banco central interviene directamente en el mercado monetario para suministrar o extraer liquidez del sistema; es un dato de referencia porque sirve para el cálculo de otras tasas de interés, y sirve de política monetaria porque con ella la autoridad monetaria define su postura de política para conducir la inflación a su meta (Banco de la República de Colombia, s. f.).

Otros indicadores macroeconómicos fundamentales son (Universidad de los Andes, 2023):

Producto Interno Bruto (PIB): mide el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en un país durante un período determinado. El PIB es ampliamente utilizado para medir el crecimiento económico y comparar el desempeño económico entre distintas naciones.

Inflación: refleja el aumento sostenido y generalizado de los precios de bienes y servicios en una economía. La tasa de inflación es fundamental para evaluar la estabilidad de los precios y tomar decisiones en materia de política monetaria.

Desempleo: mide el porcentaje de la fuerza laboral que se encuentra sin trabajo y busca activamente empleo. El desempleo alto puede ser un reflejo de problemas estructurales en la economía y tiene importantes implicaciones sociales y políticas.

De acuerdo con el portal DatosMacro.com, EE.UU. es la primera economía del mundo al comparar los datos del producto interno bruto (PIB). El mayor motor de la economía de este país es su desarrollo industrial con elevados niveles de productividad usando tecnologías modernas (Banco Santander, s.f.).

Para Estados Unidos, se encuentran los siguientes 19 indicadores que reflejan el comportamiento económico de este país y presentan un alto impacto sobre el valor de su moneda (Investing.com, s.f. calendario económico).

- Decisión de tipos de interés
- Tasa de desempleo
- Nóminas no agrícolas
- IPC (inflación)
- IPP (índice de Precios del Productor)
- PMI manufacturero del Instituto de Gestión de Suministros (ISM)
- PMI no manufacturero del Instituto de Gestión de Suministros (ISM)
- PIB (Producto Interno Bruto)
- Nuevas peticiones de subsidio por desempleo
- Confianza del consumidor de The Conference Board

- Cambio del empleo no agrícola
- Encuesta JOLTS de ofertas de empleo
- Índice manufacturero de la Fed (Reserva Federal) de Filadelfia
- Inventarios de petróleo crudo
- Precios del gasto en consumo personal subyacente
- Ingresos medios por hora mensual
- Ventas de viviendas de segunda mano
- Ventas de viviendas nuevas
- Ventas minoristas

En el desarrollo de este trabajo se analizará el impacto de estos indicadores en el precio del oro (XAUUSD).

Medidas de Volatilidad y Rendimiento

Además del seguimiento al movimiento del precio del oro, analizar factores como su volatilidad y rendimiento permiten una mejor caracterización de este activo, máxime cuando se está estudiando su comportamiento respecto a indicadores macroeconómicos.

En finanzas, la volatilidad es la medida de la variación de los precios de un activo financiero en un periodo de tiempo determinado (Scotiabank México, s.f.). Esta permite identificar momentos en los que un activo puede tener mayor variabilidad y se usa como factor de riesgo para analizar la conformación de portafolios de inversión. En el presente trabajo se estudiará la volatilidad, entendida como la diferencia de precio final menos el precio inicial, analizando los rangos en los cuales se mueve esta medida y cómo se comporta en los momentos de publicación de noticias sobre eventos macroeconómicos.

Por su parte, los rendimientos financieros de un activo son las ganancias o pérdidas, expresadas como porcentajes, generadas en un período determinado **(**Scotiabank México, s.f.**).** Con esta medida se busca caracterizar el activo estableciendo sus variaciones y la concentración de las mismas. En el presente trabajo se estudiarán los rendimientos diarios del oro y sus variaciones.

Ahora bien, el riesgo en un activo financiero puede expresarse de múltiples formas, una de ella es al comparar los rendimientos de un activo contra los rendimientos del mercado. Este riesgo se conoce como riesgo beta (riesgo de mercado) que es un índice del grado de movimiento del rendimiento de un activo en respuesta a un cambio en el rendimiento de mercado (Brenes González, 2018). Para nuestro estudio, calcularemos el riesgo beta o riesgo de mercado para el oro en comparación con el índice accionario: NASDAQ, acrónimo de *National Association of Securities Dealers Automated Quotation*, que es la segunda bolsa de valores electrónica automatizada más grande de Estados Unidos (Banco Santander, s.f.).

Sobre herramientas estadísticas:

Para el desarrollo de este trabajo, se usarán principalmente las siguientes herramientas estadísticas: correlaciones, series de tiempo, MAPE y Pruebas de normalidad.

Como herramienta crucial para relacionar el precio del oro con los distintos indicadores macroeconómicos de EE. UU., usaremos el concepto de correlación, entendido como la relación (covarianza) lineal entre dos variables continuas. La manera más sencilla de saber si dos variables están correlacionadas es determinar si co-varían (Vinuesa, 2015).

Para establecer si dos variables están correlacionadas o no, se usa el índice de correlación (r) que se calcula de la siguiente forma:

$$r = \frac{\sum \left[\left(x_i - \bar{x} \right) \left(y_i - \bar{y} \right) \right]}{\sqrt{\Sigma \left(x_i - \bar{x} \right)^2 \ * \ \Sigma (y_i \ - \bar{y})^2}}$$

Ilustración 4. Formula coeficiente de correlación. Tomado de jmp.com

Los valores de este coeficiente pueden estar entre -1 y 1 ambos extremos representando correlaciones perfectas negativas o positivas y el valor medio 0 indica que no existe correlación entre las variables analizadas. La correlación positiva indica que las dos variables varían en el mismo sentido y la negativa que varían en sentidos opuestos (Vinuesa, 2015).

Ahora bien, una serie de tiempo es una secuencia de N observaciones (datos) ordenadas y equidistantes cronológicamente sobre una característica (serie **univariante** o **escalar**) o sobre varias características (serie **multivariante** o **vectorial**) de una unidad observable en diferentes momentos. Las observaciones de una serie de tiempo serán denotadas por Y1; Y2, ..., YT, donde YT es el valor tomado por el proceso en el instante t (Mauricio, 2007).

El propósito fundamental del análisis de series de tiempo es determinar pronósticos con base en el comportamiento de la variable. Para elaborar estos pronósticos se plantean dos modelos desde las series de tiempo: determinísticos y estocásticos, diferenciando entre ellos en que el primero asume que la variable está condicionada solo por sus circunstancias iniciales, mientras que el segundo considera la aleatoriedad e incertidumbre en el pronóstico (Universidad de Chile, 2008).

Otra característica importante de las series temporales es que, por la naturaleza de los datos, podrán ser estacionarias o no estacionarias, siendo la primera una serie cuya media y varianza no cambian con el tiempo mientras que en el segundo tipo estas medidas estadísticas si cambian lo que hace difícil su modelamiento (Universidad de Chile, 2008).

Las series de tiempo tiene múltiples aplicaciones en diversos campos de las ciencias exactas, ingeniería y estadística, algunos de sus usos aplicados más frecuentes son: en economía para índices de precios y tasas, en metrología para variables climáticas, en producción para pronósticos de oferta y demanda, en transporte para análisis de tráfico, entre otros usos (Universidad de Chile, 2008).

Con el fin de analizar los datos del precio del oro y los indicadores macroeconómicos de EE. UU, haremos uso de las series de tiempo, teniendo en cuenta que estas variables cumplen con las características mencionadas anteriormente para ser analizadas bajo estos conceptos, puesto que son variables que toman diferentes valores con el paso del tiempo.

Modelos ARIMA y ARIMAX

Los modelos ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) y ARIMAX son modelos estadísticos ampliamente reconocidos y utilizados para la predicción de series temporales. Este modelo consta de tres componentes. El elemento autorregresivo (AR) relaciona el valor actual

con valores pasados (*lags*). El elemento de media móvil (MA) asume que el error de predicción es una combinación lineal de los errores de predicción pasados. Por último, el componente integrado (I) indica que los valores de la serie original han sido reemplazados por la diferencia entre valores consecutivos (y este proceso de diferencia puede haberse realizado más de una vez) (Amat Rodrigo & Escobar Ortiz, 2023).

Si bien los modelos ARIMA son ampliamente conocidos, los modelos ARIMAX extienden el marco de ARIMA al incorporar patrones estacionales y variables exógenas.

En este caso, se usarán los modelos de series de tempo mencionados anteriormente para establecer la relación entre el precio del oro y los 19 eventos macroeconómicos seleccionados. Para determinar la validez de los modelos generados, se utilizarán dos medidas: el MAPE y la prueba de normalidad de los errores: Box-Text (Prueba de Ljung-Box):

El MAPE *(Mean Absolute Percent Error*), es calculado como el promedio en porcentaje de los errores absolutos (Pronóstico Experto, s.f.). Para los modelos generados en el presente trabajo, se desea obtener un MAPE lo más pequeño posible, lo que significaría que los pronósticos se ajustan a los datos reales.

Por su parte, la prueba de normalidad Box-Text Ljung-Box sirve como un método sólido para determinar si una serie de observaciones es aleatoria o muestra una correlación serial. Esta prueba es particularmente útil en el contexto del análisis de series temporales, donde identificar la autocorrelación es crucial para modelos como ARIMA, que suponen que los residuos se distribuyen de forma independiente (FasterCapital, 2025).

Idealmente, no queremos rechazar la hipótesis nula. Es decir, queremos que el valor p de la prueba sea mayor que 0,05, ya que esto significa que los residuos de nuestro modelo de series temporales son independientes, lo cual es un supuesto que se suele hacer al crear un modelo (Statology, 2019).

4. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se siguieron las siguientes etapas:

Etapa 1. Recopilación de los datos. Inicialmente se rastreó la información en el portal www.investing.com, se descargaron y depuraron los datos en formato Excel. En esta etapa se obtuvo la información tanto del precio del oro como de los indicadores macroeconómicos y los distintos datos cuantitativos asociados a los mismos. Se recuperó información de los últimos 45 años (1980-2025).

Etapa 2. Procesamiento de datos. Tanto para el precio del oro como para cada indicador macroeconómico se realizaron gráficos exploratorios de tendencia con el fin de caracterizar inicialmente la información recopilada. Posteriormente, mediante gráficos de dispersión, matrices de correlación y modelos de series de tiempo ARIMA y ARIMAX, se relacionó el precio del oro con los datos de eventos macroeconómicos de EE.UU. Para ello se usó principalmente el software R y Excel, MetaTrader 4 (plataforma de negociación), y el software de análisis de riesgo @Riks.

Etapa 3. Análisis de resultados. Se realizó un análisis estadístico y financiero del oro, la evolución de su precio, volatilidad y rendimientos, identificando la relación y el impacto que los indicadores macroeconómicos de EE.UU. tienen en el mismo.

Etapa 4. Planteamiento de alternativas, recomendaciones y estrategias de inversión y gestión de riesgo. Se plantearon estrategias de acuerdo con los resultados y las relaciones encontradas entre el precio del oro, la volatilidad y el rendimiento y los impactos de los indicadores macroeconómicos de EE.UU.

5. Análisis de resultados

Etapa 1. Recopilación de datos

Para el desarrollo de este trabajo de grado se usó principalmente los datos del portal de finanzas Investing (www.investing.com), que es un portal especializado en información financiera de diversos mercados como acciones, monedas, materias primas, fondos, criptomonedas, entre otros.

Datos precio del oro (XAU/USD):

Para descargar los datos del precio del oro, se buscó esta información mediante la barra de búsqueda de la plataforma Investing usando como criterio el nombre del activo XAUUSD.



Ilustración 5. Información del precio del oro. Tomado de Investig.com

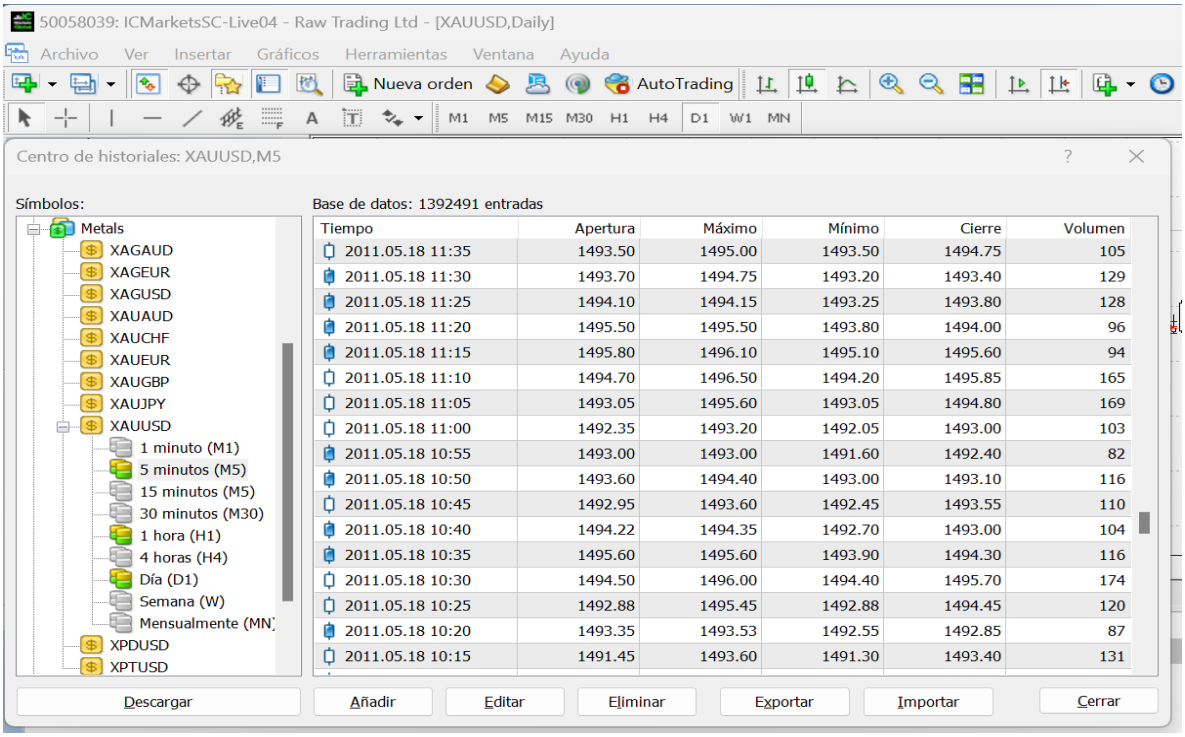
En la opción de *datos históricos*, se descargaron los reportes de los precios del oro diario, encontrando datos desde 1980 hasta 28 de febrero de 2025.

Los archivos descargados se procesaron de la siguiente manera:

1. Se descargan los precios diarios entre 1980 y febrero de 2025. El formato de descarga es un archivo de Excel de tipo CSV delimitado por comas y se usa la opción de separar texto en columnas para organizar los datos.
2. Se ordenan los datos por fecha de más antiguo a más reciente y se le asigna el nombre al archivo de: *Datos históricos XAU_USD_D*
3. Los archivos quedaron con las siguientes columnas:
    - Fecha: día, mes y año del precio.
    - Último: precio del oro al final del día/mes.
    - Apertura: precio del oro al inicio del día/mes.
    - Máximo: precio máximo del oro del día/mes.
    - Mínimo: precio máximo del oro del día/mes.
    - % var: variación el precio de final de día/mes actual comparado con el anterior.

Datos adicionales del oro en temporalidad 5 minutos:

Con el fin de poder analizar el impacto de los eventos macroeconómicos en temporalidades intradía (5 minutos) se buscan datos en esta temporalidad. Para ello, se selecciona el bróker australiano ICMarkets. Luego del registro en el bróker, se descargó la plataforma de trading MetaTrader 4 (MT4) donde se pudo descargar y exportar a Excel los precios del oro en temporalidad de 5 minutos desde 2010 hasta 2025.



Tiempo	Apertura	Máximo	Mínimo	Cierre	Volumen
2011.05.18 11:35	1493.50	1495.00	1493.50	1494.75	105
2011.05.18 11:30	1493.70	1494.75	1493.20	1493.40	129
2011.05.18 11:25	1494.10	1494.15	1493.25	1493.80	128
2011.05.18 11:20	1495.50	1495.50	1493.80	1494.00	96
2011.05.18 11:15	1495.80	1496.10	1495.10	1495.60	94
2011.05.18 11:10	1494.70	1496.50	1494.20	1495.85	165
2011.05.18 11:05	1493.05	1495.60	1493.05	1494.80	169
2011.05.18 11:00	1492.35	1493.20	1492.05	1493.00	103
2011.05.18 10:55	1493.00	1493.00	1491.60	1492.40	82
2011.05.18 10:50	1493.60	1494.40	1493.00	1493.10	116
2011.05.18 10:45	1492.95	1493.60	1492.45	1493.55	110
2011.05.18 10:40	1494.22	1494.35	1492.70	1493.00	104
2011.05.18 10:35	1495.60	1495.60	1493.90	1494.30	116
2011.05.18 10:30	1494.50	1496.00	1494.40	1495.70	174
2011.05.18 10:25	1492.88	1495.45	1492.88	1494.45	120
2011.05.18 10:20	1493.35	1493.53	1492.55	1492.85	87
2011.05.18 10:15	1491.45	1493.60	1491.30	1493.40	131

Ilustración 6. Datos del precio del oro en temporalidad 5 minutos. Tomado de MT4 broker ICMarkets.

Datos índice NASDAQ

Con el fin de realizar un análisis del riesgo de mercado, se busca y se descarga la información histórica del índice NASDAQ para calcular el riesgo de mercado para el oro. Desde el portal Investing se siguió el mismo procedimiento realizado para la descarga de los datos del precio del oro.

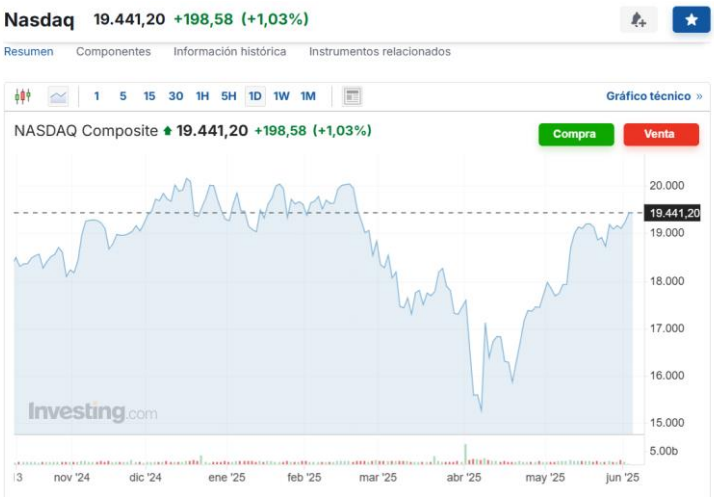


Ilustración 7. Información del NASDAQ. Tomado de Investig.com

Base de datos eventos macroeconómicos de EE. UU.:

En el portal Investing, se ubicó la opción de *Herramientas* y posteriormente *Calendario Económico.* Allí en la opción de *Filtros* se eligió país *Estados Unidos* y adicionalmente en *Impacto* se seleccionó la opción de mayor impacto. De esta manera se listaron los eventos macroeconómicos de EE. UU. más relevantes.

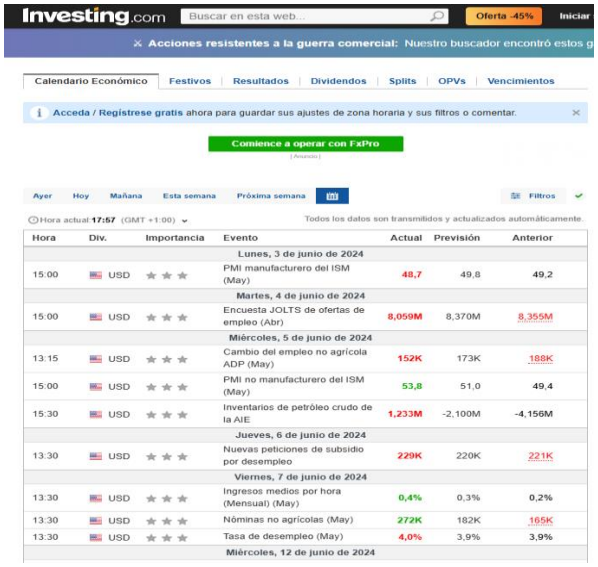


Ilustración 8. Calendario Económico. Tomado de Investig.com

Se eligió el rango de fechas para generar el reporte: de 01/01/1980 hasta 28/02/2025 y se procedió a generar la información en PDF para posteriormente pasarla a Excel y procesarla así: estandarizando los nombres de los eventos, pasando la fecha de filas a columnas y dándole formato del tipo fecha, eliminando eventos sin valores numéricos (declaraciones o discursos), eliminando las escalas dentro de los datos (letras K, M y B) y homogenizando los horarios en los que se publican las noticias para eliminar la diferenciación entre verano e invierno.

Se asigna como nombre al archivo *Eventos Macroeconómicos EEUU 1980-2025* y en la hoja llamada *Depuración 2* se consolida el archivo con las siguientes columnas:

- Evento: Nombre del evento macroeconómico.
- Hora: Hora en la que es reportado el evento oficialmente.
- Fecha: Fecha en la que es reportado el evento oficialmente.
- Año: Año en la que es reportado el evento oficialmente.
- Mes: Mes (siendo 1 enero y 12 diciembre) del reporte.
- Día: Dia calendario del mes en el que es reportado el evento.
- Dia Semana: Día de la semana (siendo 1 lunes y 7 domingo) del reporte.
- Actual: Valor actual reportado para el evento macroeconómico
- Previsión: Valor proyectado por los expertos para el evento.
- Anterior: Valor del último reporte conocido para el evento

Este archivo contiene los datos para los 19 eventos macroeconómicos que, desde el portal Investing, se identificaron como de mayor impacto para la economía de EE.UU.

Etapa 2. Procesamiento de datos.

Teniendo las bases de datos depuradas, se cruzaron los precios del oro con los datos macroeconómicos para cada evento. Para ello se construyó un archivo con todos los precios del oro desde 1980 y en columnas adicionales se registró el valor de cada una de las 19 variables

macroeconómicas para cada día, teniendo como criterio que se mantenía constante el dato hasta el día en que se publicara el siguiente reporte del evento.

Fecha	Último	Apertura	Máximo	Mínimo	%_var	Volatilidad_max-min	Precio	Confianza del consumidor	Índice Filadelfia	IPC	Nóminas no agrícolas	PMI Manufacturero	Precio Consumo personal	Subsidio por desempleo
1/01/1980	512	512	512	512	0,00%	0	512	90,7	-15,7	0,012		44,8	0,007	429,48
2/01/1980	559,75	559,75	559,75	559,75	9,33%	0	559,75	90,70	-15,70	0,01		44,80	0,01	429,48
3/01/1980	634,25	634,25	634,25	634,25	13,31%	0	634,25	90,70	-15,70	0,01		44,80	0,01	429,48
4/01/1980	634,25	634,25	634,25	634,25	0,00%	0	634,25	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
7/01/1980	634	634	634	634	-0,04%	0	634	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
8/01/1980	610	610	610	610	-3,79%	0	610	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
9/01/1980	607,2	607,2	607,2	607,2	-0,46%	0	607,2	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
10/01/1980	603,35	603,35	603,35	603,35	-0,63%	0	603,35	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
11/01/1980	623	623	623	623	3,26%	0	623	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
14/01/1980	660	660	660	660	5,94%	0	660	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
15/01/1980	684	684	684	684	3,64%	0	684	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
16/01/1980	760	760	760	760	11,11%	0	760	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
17/01/1980	750	750	750	750	-1,32%	0	750	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
18/01/1980	835	835	835	835	11,33%	0	835	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
21/01/1980	835	835	835	835	0,00%	0	835	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
22/01/1980	737,5	737,5	737,5	737,5	-11,68%	0	737,5	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
23/01/1980	695	695	695	695	-5,76%	0	695	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48
24/01/1980	717	717	717	717	3,17%	0	717	90,70	-15,70	0,01	97,00	44,80	0,01	429,48

Ilustración 9. Archivo Excel con los datos del precio del oro y los eventos macroeconómicos. Elaboración propia.

Para el análisis exploratorio se usó el software R, con el cuál se desarrollaron gráficos de líneas, gráficos de barras, histogramas, matrices, entre otros. Inicialmente, para los datos del oro, se elaboraron gráficos de líneas e histogramas para precios, rendimiento y volatilidad de este activo.

De los 19 eventos macroeconómicos, se consolidó en una sola imagen los gráficos de línea de cada evento, estableciendo en la parte central el gráfico del oro como referencia. Adicionalmente, se creó una tabla para describir los eventos macroeconómicos, su frecuencia, su interpretación o lectura respecto al oro, y la correlación esperada con este activo. Se construyó un diagrama con las variables macroeconómicas, agrupadas por clase de evento e indicando el tipo de correlación esperada con el precio del oro.

Posteriormente y para relacionar el precio del oro con los eventos macroeconómicos, se elaboraron los diagramas de dispersión para cada evento, así como la matriz de correlación con la totalidad de los datos. Además, se elaboraron matrices de correlación por décadas con el fin de analizar los cambios en las mismas.

Para el análisis y pronósticos del **precio** del oro, se realizaron modelos ARIMA y ARIMAX en R, con el fin de buscar los que mejor se ajustaran a los datos teniendo como criterio el menor MAPE

posible y la aleatoriedad de los errores con la prueba de normalidad Box.test. Para la construcción de estos modelos se analizaron los coeficientes de correlación previamente obtenidos. También se usó el software @Risk con el fin de obtener modelos de pronósticos y comprarlos con los obtenidos por los modelos ARIMA y ARIMAX.

Adicionalmente, y con el fin de analizar la **volatilidad** del precio del oro y el impacto de los eventos macroeconómicos en la misma, se redujo los datos de 2006 a 28 de febrero de 2025 dado que anteriormente no se reportaban el valor del precio máximo y el precio mínimo, datos con los cuales se obtiene la volatilidad. Con estos datos se construyó una gráfica de volatilidad para comparar la volatilidad del día que se publica cada evento, con la volatilidad promedio del precio del oro. También, con el fin de confirmar los datos obtenidos, se analizó la volatilidad en una temporalidad menor (5 minutos), en este caso se tomaron datos del 2010 en adelante por el gran volumen de los mismos. Se cruzaron los datos de precios del oro en 5 minutos y los eventos macroeconómicos, usando tanto la fecha como la hora de la publicación de la noticia del evento y analizando el precio máximo reportado por el oro durante los 5 minutos posteriores y el precio mínimo. Con estos datos también se elaboró una gráfica para comparar estas volatilidades.

El procesamiento de datos final se centró en el **rendimiento**. Para poder establecer métricas de comparación, se calculó el rendimiento del oro dentro del mismo día, así: [(precio_final – precio_inicial)/ precio_inicial]. Esto con el fin de poder identificar los rendimientos diarios que presenta el precio y el impacto de la publicación del evento en el rendimiento del día. En este caso se tomaron precios desde 1986, dado que solo desde este año se tiene reportes del precio del final y del inicio del día. Se realizó una gráfica con el fin de comparar el rendimiento promedio diario del oro y el rendimiento en los días de publicación de eventos. También se comparó el rendimiento del precio del oro contra el mercado, en este caso se usó el NASDAQ, índice de la bolsa de valores de EE.UU., con el fin de identificar el riesgo de mercado asociado.

Etapa 3. Análisis de resultados.

Análisis del Oro

Como se puede observar en la ilustración 10, el oro es un activo que presenta una tendencia alcista, con un aumento exponencial en su precio durante los últimos años, llegando a máximos históricos. Se evidencia que entre los años 1980 y 2000, el precio del oro estuvo oscilando alrededor de los 500 USD. Entre 2000 y 2008 inicio una escalada alcista que lo llevó a duplicar su precio promedio llegando a los 1000 USD. Justamente en ese año 2008, el precio del oro presenta su primera gran caída, esto debido a la crisis de la burbuja inmobiliaria que estalló en EE.UU. y afectó los mercados financieros. A partir de ese año y hasta los años 2011-2012 el oro volvió a tomar una gran fuerza alcista alcanzando precios de casi 2000 USD. Posteriormente, se presenta su segundo gran retroceso, este más profundo que el anterior en 2008, que lo llevo nuevamente a valores cercanos a los 1000 USD entre los años 2015-2016. Desde allí, inicia nuevamente una escalada, que se acelera en el año 2020 por motivos de pánico generalizado por la pandemia causada por el Covid-19. Este impulso lo sitúa por encima de los USD2000, retrocediendo nuevamente para el año 2022 a precios cercanos a los 1500 USD para finalmente acelerar para llegar a tocar casi los 3000 USD. Estos cambios en el precio, se pueden apreciar en el gráfico mostrado en la ilustración 10:



Ilustración 10. Gráfico análisis técnico oro. Plataforma Tradingview. Elaboración propia.

Con el fin de identificar las principales concentraciones del precio del oro, se elaboraron los histogramas con los datos de 1980-2025 y se muestran en las ilustraciones 11 y 12:

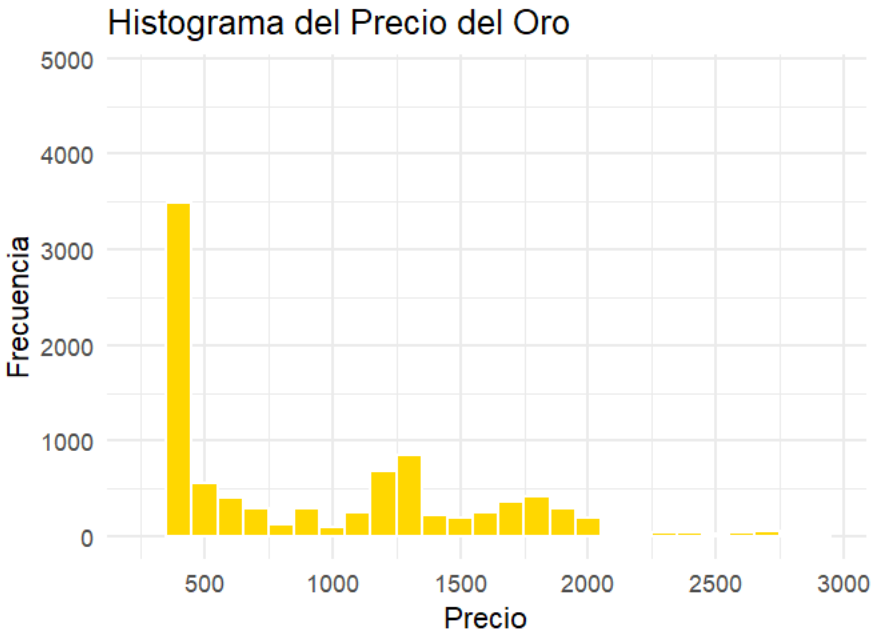


Ilustración 11. Histograma precio del oro. Elaboración propia.

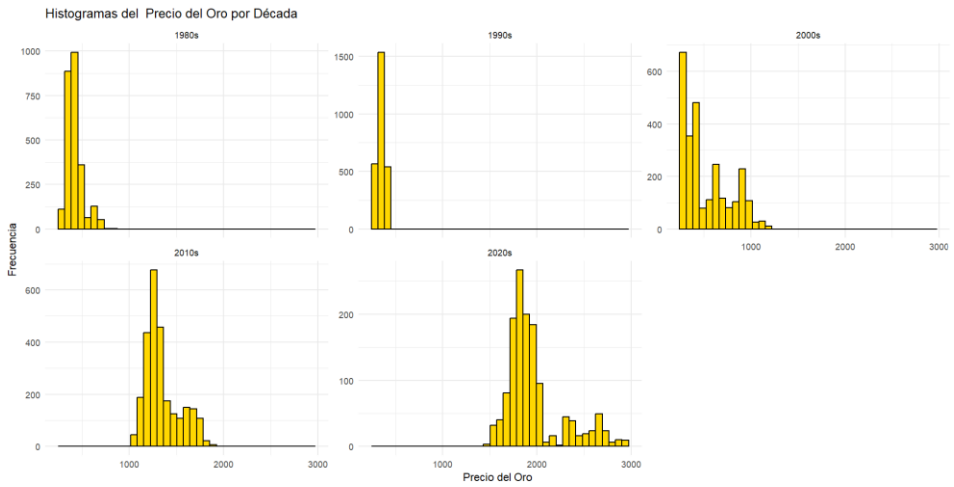


Ilustración 12. Histograma precio del oro por décadas. Elaboración propia

De acuerdo con los anteriores histogramas, se evidencia que, para los 45 años analizados, la mayor cantidad de los datos estuvo alrededor de los 500 USD, debido a que la mitad del tiempo (de 1980 a 2000) el oro estuvo entre estos precios y fue solo hasta después del año 2000 que inicia su tendencia al alza registrando precios superiores.

En los histogramas por décadas podemos encontrar que la concentración del precio para la década más reciente de los años 2020s esta alrededor de los 2000 USD registrando valores cercanos a 3000 USD estableciendo sus máximos históricos en esta época.

Volatilidad del oro

Con el propósito de analizar la volatilidad del oro, entendida como los movimientos fuertes del oro y representada por la diferencia entre el precio máximo y el precio mínimo, se construyeron los siguientes histogramas que se muestran en las ilustraciones 13 y 14:

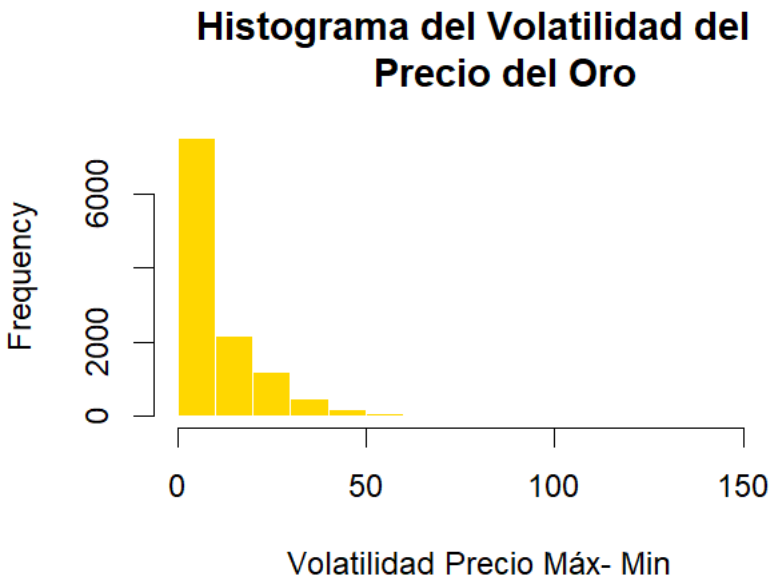


Ilustración 13. Histograma volatilidad del oro. Elaboración propia

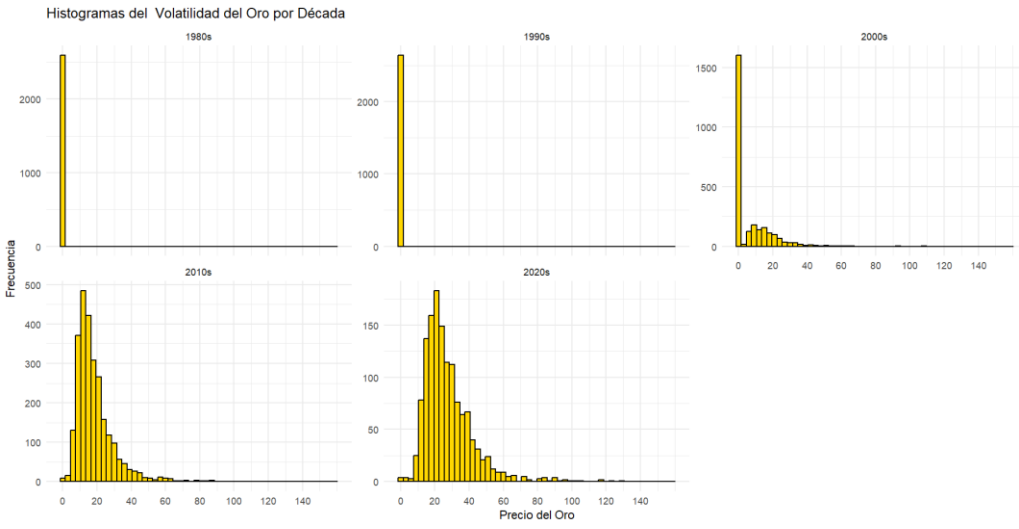


Ilustración 14. Histograma volatilidad del oro por décadas. Elaboración propia

Se puede apreciar que, en general, el oro presenta una concentración mayor de volatilidad entre 0 y 10 puntos. Este comportamiento se puede ver muy claramente en las épocas de 1980, 1990 y 2000 donde casi la totalidad de los datos se agrupan en este rango. Para la década de 2010 y los 2020, con la masificación del acceso a las inversiones para los pequeños inversores y el uso de

tecnologías y software de inversión, se puede apreciar que el oro empieza a experimentar mayores volatilidades alcanzando registros de movimiento de hasta 100 puntos en un día.

Rendimiento del oro

Con el fin de analizar el rendimiento del oro, expresado porcentualmente como la variación entre los precios finales de días consecutivos, se realizaron los siguientes histogramas para caracterizar su rendimiento mostrados en las ilustraciones 15 y 16:

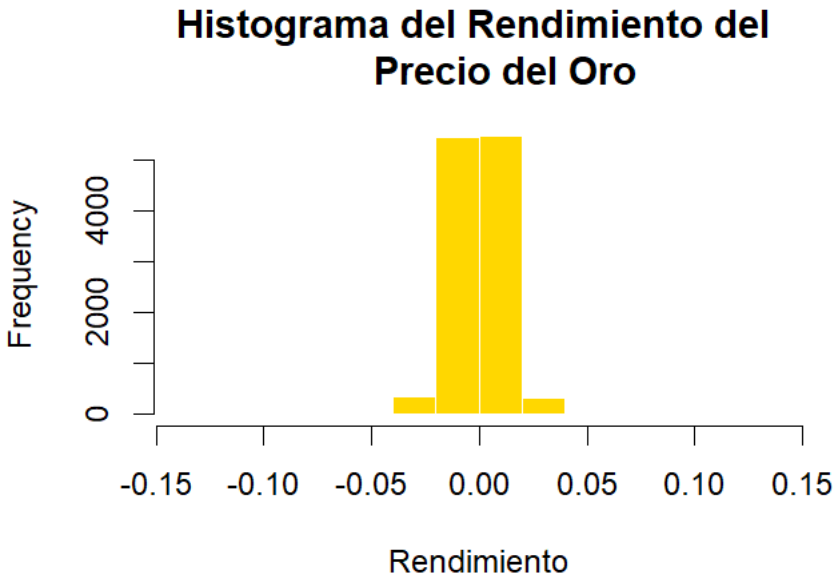


Ilustración 15. Histograma rendimiento del oro. Elaboración propia

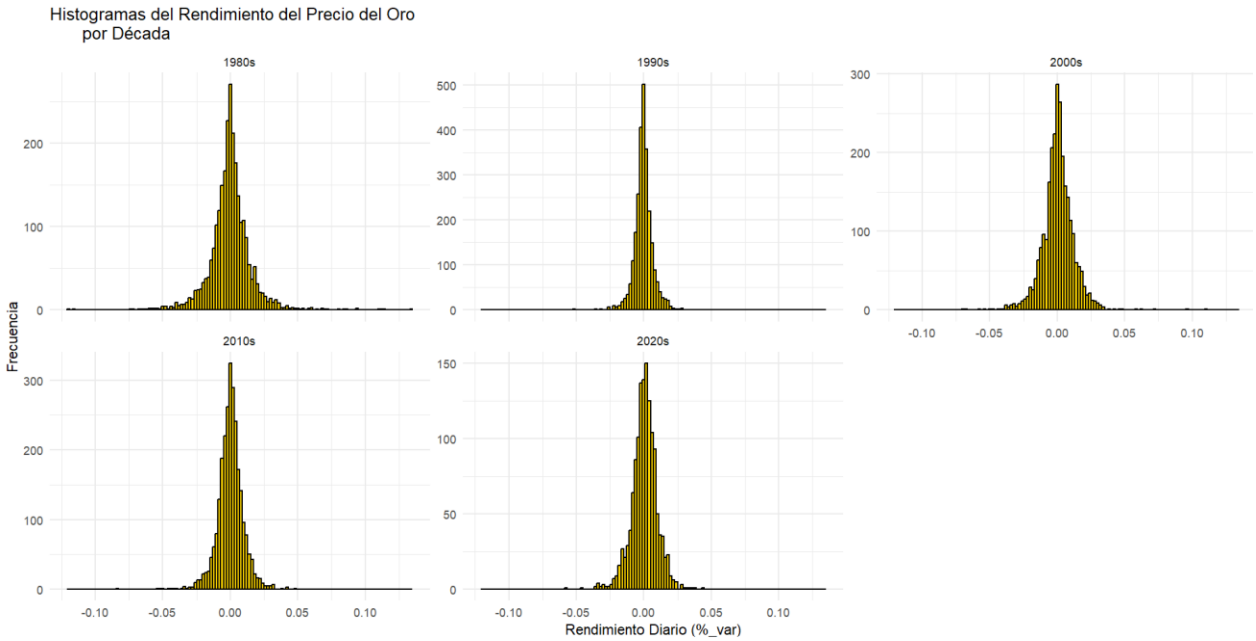


Ilustración 16. Histograma rendimiento del oro por décadas. Elaboración propia

En los anteriores histogramas de rendimiento, se puede observar que, en general, el rendimiento del oro oscila entre -0,5% y 0,5% aunque se han presentado valores atípicos cercanos al +-10%, se puede ver que los precios se concentran en el rango mencionado anteriormente. La década de los 90s es donde más contracción de rendimientos diarios se presenta, podemos ver que para esta época los rendimientos se condensan más cercanos al cero que en el resto de las décadas.

Eventos macroeconómicos

Estados Unidos es una de las económicas más importantes y sólidas a nivel mundial. La salud de su economía se puede observar al analizar los distintos factores que den cuenta de los niveles de empleo, inflación y producción de este país. De acuerdo con el portal Investing.com, los indicadores macroeconómicos que mayor efecto tiene en el mercado de EE.UU. y que son objeto de estudio en este trabajo, se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Eventos macroeconómicos con mayor impacto en la economía de EE.UU. Investing.com.

Evento Macroeconómico	Frecuencia	Descripción
IPC	Mensual	Mide los cambios en el precio de bienes y servicios desde la perspectiva del consumidor. Se trata de una forma de medir los cambios en las tendencias de compra y de la inflación en los EE.UU.
Nuevas peticiones de subsidio por desempleo	Semanal	Es una medida del número de personas que presentan las documentaciones para recibir beneficios por desempleo por primera vez durante la semana en curso. El número de reclamaciones de desempleo se utiliza como una medida de la salud del mercado de trabajo.
Precios del gasto en consumo personal subyacente	Mensual	Mide los cambios en el precio de bienes y servicios comprados por los consumidores con el propósito de consumo, excluidos los alimentos y la energía.
Tasa de desempleo	Mensual	Es una medida del porcentaje de la fuerza de trabajo total que está desempleada, pero que buscan activamente empleo y están dispuestos a trabajar en los EE.UU.
IPP	Mensual	El Índice de Precios al Productor (PPI) es un indicador inflacionario que mide la variación de los precios de los bienes producidos y vendidos por productores domésticos de bienes y servicios.
Ventas de viviendas de segunda mano	Mensual	Mide el número de los edificios de viviendas que se vendieron durante el mes anterior. Este informe ayuda a analizar la fuerza del mercado de la vivienda de los EE.UU., que ayuda al análisis de la economía en su conjunto.
Ventas de viviendas nuevas	Mensual	Mide el número de nuevos edificios de viviendas que se vendieron durante el mes anterior. Este informe ayuda a analizar la fuerza del mercado de la vivienda de los EE.UU., que ayuda al análisis de la economía en su conjunto.
Decisión de tipos de interés	8 veces al año	El Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC) de la Reserva Federal Americana se reúne con el fin de tratar las tasas de interés a corto plazo para la Nación. La decisión de cómo fijar las tasas de interés depende principalmente de la inflación. Uno de los objetivos principales del banco central es lograr estabilidad; cuando la inflación supera una tasa anual aproximada de 2%, el banco central responderá aumentando las tasas de interés, con el fin de reducir los precios.

Evento Macroeconómico	Frecuencia	Descripción
Ingresos medios por hora	Mensual	Mide el cambio en la tarifa horaria media de base para las principales industrias.
Inventarios de petróleo crudo de la AIE	Semanal	La Administración de Información de Energía (EIA) de Inventarios de Petróleo Crudo mide el aumento semanal en barriles de petróleo crudo comercial contenida en el inventario de las empresas de los EE.UU.
Confianza del consumidor de The Conference Board	Mensual	Mide el nivel de confianza de los consumidores en la actividad económica. Se trata de uno de los principales indicadores, ya que puede predecir el gasto de los consumidores, que es una parte importante en el total de la actividad económica.
Índice manufacturero de la Fed de Filadelfia	Mensual	Determina la salud económica del sector manufacturero en el distrito de Filadelfia. El índice refleja los datos de 250 fabricantes en el distrito de la Reserva Federal de Filadelfia.
PMI manufacturero del ISM	Mensual	El Índice del Instituto de Gestión de Suministros (ISM) de fabricación mide la actividad manufacturera general de EE.UU. Estos datos consideran una muy importante medida económica y de confianza. El índice IGS es el resultado de una encuesta mensual de más de 400 compañías en 20 industrias a lo largo de los 50 estados.
Nóminas no agrícolas	Mensual	Miden el cambio en el número de personas empleadas durante el último mes en todas las empresas no agrícolas. El total de nóminas no agrícolas representa aproximadamente el 80% de los trabajadores que producen la totalidad del producto interior bruto de Estados Unidos.
Ventas minoristas	Mensual	Es una medición mensual de todos los bienes vendidos por los minoristas sobre la base de una muestra de tiendas minoristas de diferentes tipos y tamaños en los EE.UU. Es un indicador importante de gasto de los consumidores y también está relacionada con la confianza de los consumidores y es considerado como un indicador del ritmo de la economía de los EE.UU.
PMI no manufacturero del ISM	Mensual	El Índice del Instituto de Gestión de Suministros (ISM) no de fabricación (también conocido como Servicios de IGS) muestra la actividad no manufacturera que se produjeron en el mes anterior.
Encuesta JOLTS de ofertas de empleo	Mensual	Encuesta realizada por el Departamento del Trabajo de los Estados Unidos para ayudar a medir las ofertas de empleo. Recoge datos de las empresas sobre el personal, ofertas de trabajo, contratación, altas y bajas.

Evento Macroeconómico	Frecuencia	Descripción
Cambio del empleo no agrícola ADP	Mensual	Es una medida de la variación mensual que no incluye datos de la industria agrícola privada de empleo, basado en un subconjunto de agregados y anónimos de sueldos que representa aproximadamente 400,000 clientes estadounidenses.
PIB	Mensual	El Producto Interno Bruto (PIB) es la medida más amplia de la actividad económica y es un indicador clave para la economía de la salud.

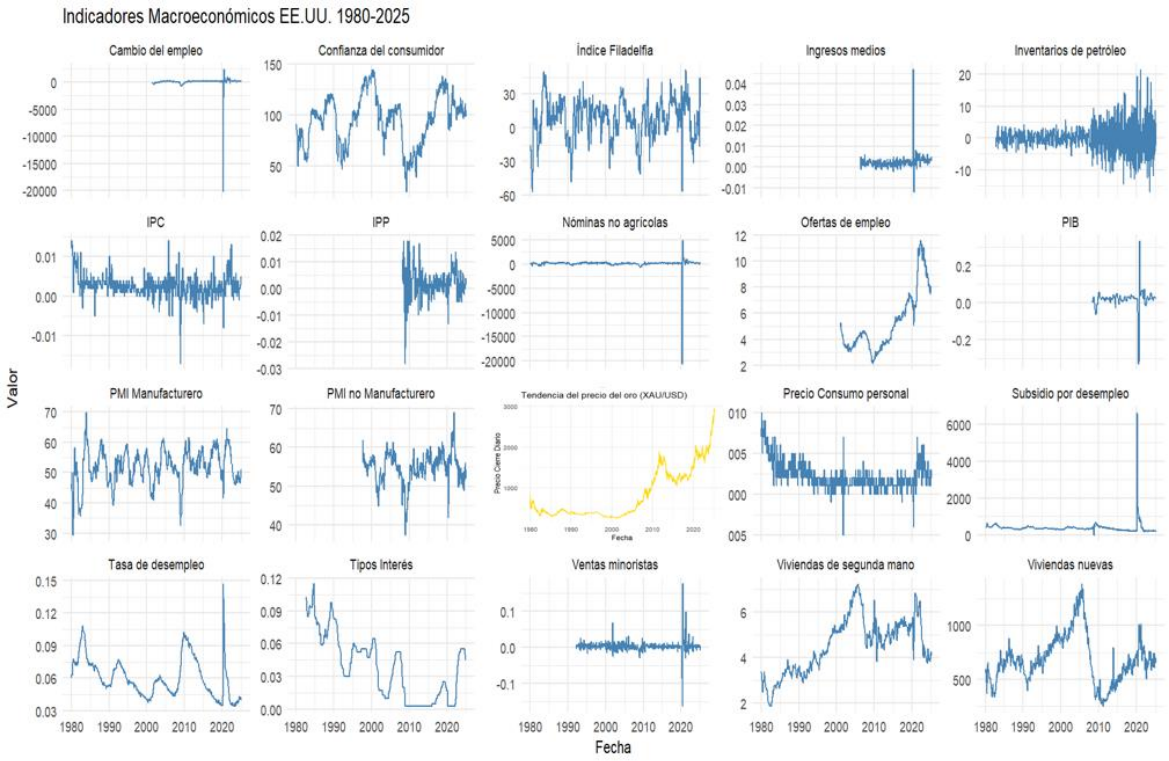


Ilustración 17. Gráficos de líneas, indicadores macroeconómicos de EE.UU.. Elaboración propia

En la ilustración 17, se muestran los gráficos de líneas para los diferentes valores históricos de los 19 eventos macroeconómicos desde 1980 hasta el 28 de febrero de 2025. Podemos apreciar en algunos eventos macroeconómicos comportamientos tendenciales, por ejemplo, en los Tipos de Interés, las Ofertas de Empleo, las Ventas de Vivienda de Segunda Mano, las Ventas de Viviendas Nuevas, la Tasa de Desempleo y la Confianza del Consumidor. En otros eventos se puede ver comportamientos estacionarios, por ejemplo, en el IPC, el IPP y los Índices Manufactureros.

Finalmente podemos ver algunos datos cuya variabilidad es bastante baja como los son Cambio del Empleo no Agrícola, Nóminas no Agrícolas y PIB. En los gráficos, también se puede notar datos completamente atípicos para los años 2020-2021 como efecto directo de la pandemia generada por la Covid-19.

Relación del precio del oro y los eventos macroeconómicos

Siendo Estados Unidos de América, el país con mayor cantidad de reservas de oro del mundo, se considera relevante estudiar la salud de su economía medida desde sus indicadores macroeconómicos y el impacto de los mismos en el precio del oro.

Cada vez que se publica información sobre el estado de alguno de estos indicadores tiene efectos en los mercados financieros. De acuerdo con la información teórica se plantea en la tabla 2, las hipótesis de acuerdo al efecto esperado de estos indicadores en el precio del oro:

Tabla 2.Hipótesis de efecto esperado de los indicadores en el precio del oro. Elaboración propia.

Evento Macroeconómico	**Lectura del valor del indicador para inversión en Oro**
IPC	Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como negativa para la economía debido a que al incrementar el IPC se disminuye el poder adquisitivo y de inversión.
Nuevas peticiones de subsidio por desempleo	Una lectura mayor de la esperada debe ser tomada como negativa para la economía, dado que al incrementar las peticiones de subsidio de desempleo quiere decir que también aumentará la tasa de desempleo y por lo tanto se disminuirán los ingresos y se desestimulará la inversión.
Precios del gasto en consumo personal subyacente	Este evento también está relacionado con la inflación y con el IPC, por lo tanto, una mayor lectura de lo esperado debe ser tomada como negativa para la economía dado que implica un incremento en el costo de vida y por lo tanto afecta la liquidez de la economía y la capacidad de inversión.
Tasa de desempleo	Una lectura mayor a la esperada debe interpretarse como negativa para la economía, debido a que al incrementar el desempleo esto implica una disminución en los ingresos y por lo tanto desestimula la inversión.
IPP	Debido a que es un indicador inflacionario, una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como negativa para la economía, debido a que,

Evento Macroeconómico	Lectura del valor del indicador para inversión en Oro
	al incrementar los precios para el productor, se disminuye la capacidad de inversión.
Ventas de viviendas de segunda mano	Si bien una mayor lectura de la esperada puede ser tomada como positiva para la economía, el hecho de que se invierta en un bien de alto valor como una vivienda puede desestimular la inversión en otros activos como el oro, por lo tanto, un incremento en este indicador puede ser tomado como negativo para inversión en oro.
Ventas de viviendas nuevas	Si bien una mayor lectura de la esperada puede ser tomada como positiva para la economía, el hecho de que se invierta en un bien de alto valor como una vivienda puede desestimular la inversión en otros activos como el oro, por lo tanto, un incremento en este indicador puede ser tomado como negativo para inversión en oro.
Decisión de tipos de interés	Una mayor lectura de lo esperado de ser tomado como negativa para la economía debido a que al incrementarse la tasa de interés se disminuyen la capacidad adquisitiva en general de la población puesto que esta es una medida que busca controlar el gasto y la inflación y como consecuencia desestimula la inversión.
Ingresos medios por hora	Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como positiva para la economía dado que al aumentar los ingresos por hora aumenta la liquidez de la economía y por lo tanto aumenta también la capacidad de inversión.
Inventarios de petróleo crudo de la AIE	Este indicador influye en el precio de los productos petrolíferos, como la gasolina, lo que puede tener un impacto sobre la inflación y otras fuerzas económicas, por lo que una mayor lectura de la esperada debe considerarse como positiva para la economía, dado que, disminuirá los costos de productos como la gasolina y esto podría tener efecto en la disminución general de los precios de los productos, con lo que se estimulará la liquidez y la inversión
Confianza del consumidor de The Conference Board	Lecturas superiores apuntan un consumo optimista, esto quiere decir que una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como positiva para la economía, debido a que esta perspectiva en alza de los consumidores puede estar motivada por el incremento de ingresos y por lo tanto puede estimular la inversión.
Índice manufacturero de la Fed de Filadelfia	Cualquier lectura por encima de 0 indica mejoras en las condiciones del sector manufacturero. Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada

Evento Macroeconómico	Lectura del valor del indicador para inversión en Oro
	positiva para la economía debido a que si la producción manufacturera aumenta, esto implica un incremento en el empleo y por lo tanto un aumento en ingresos, lo que a su vez puede estimular la inversión.
PMI manufacturero del ISM	Si el índice tiene un valor por debajo del 50, debido a una disminución de la actividad, tiende a indicar una recesión económica, sobre todo si la tendencia se mantiene durante varios meses. Un valor por encima de 50 indica un tiempo probable de crecimiento económico. Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como positiva para la economía, debido a que, si la producción manufacturera aumenta, esto implica un incremento en el empleo y por lo tanto un aumento en ingresos, lo que a su vez puede estimular la inversión.
Nóminas no agrícolas	Una lectura superior a lo esperado debe tomarse como positiva para la economía dado que, al incrementar el mercado laboral no agrícola, aumentan los ingresos y con ello la capacidad de inversión.
Ventas minoristas	Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como positiva para la economía debido a que, al incrementar las ventas aumentan la liquidez y por lo tanto se estimula la capacidad de inversión.
PMI no manufacturero del ISM	Cualquier lectura por encima de 50 indica expansión, mientras que una lectura por debajo de 50 indica contracción. Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como positiva para la economía, debido a que, si la producción manufacturera aumenta, esto implica un incremento en el empleo y por lo tanto un aumento en ingresos, lo que a su vez puede estimular la inversión.
Encuesta JOLTS de ofertas de empleo	Una lectura de datos más fuerte de lo previsto puede considerarse positiva para la economía, dado que, al aumentar la oferta laboral, disminuye la tasa de desempleo y por lo tanto aumentan los ingresos de la población, lo que puede conducir a un incremento en las actividades de inversión.
Cambio del empleo no agrícola ADP	Una lectura superior a lo esperado debe tomarse como positiva para la economía dado que, al incrementar el mercado laboral no agrícola, aumentan los ingresos y con ello la capacidad de inversión.
PIB	Una mayor lectura de la esperada debe ser tomada como positiva puesto que al incrementarse el PIB se incrementa los ingresos en los diferentes sectores de la economía y por lo tanto se estimula la inversión.

En este sentido, como podemos ver, de acuerdo con el objetivo de medición de cada indicador, puede traer consigo para el oro un efecto positivo (incremento en el precio) o negativo (disminución del precio). Para analizar la relación real entre un indicador macroeconómico y el precio del oro se usará el concepto estadístico de correlación. En la ilustración número 18 se muestra la hipótesis teórica de correlación esperada de los indicadores y el precio del oro:

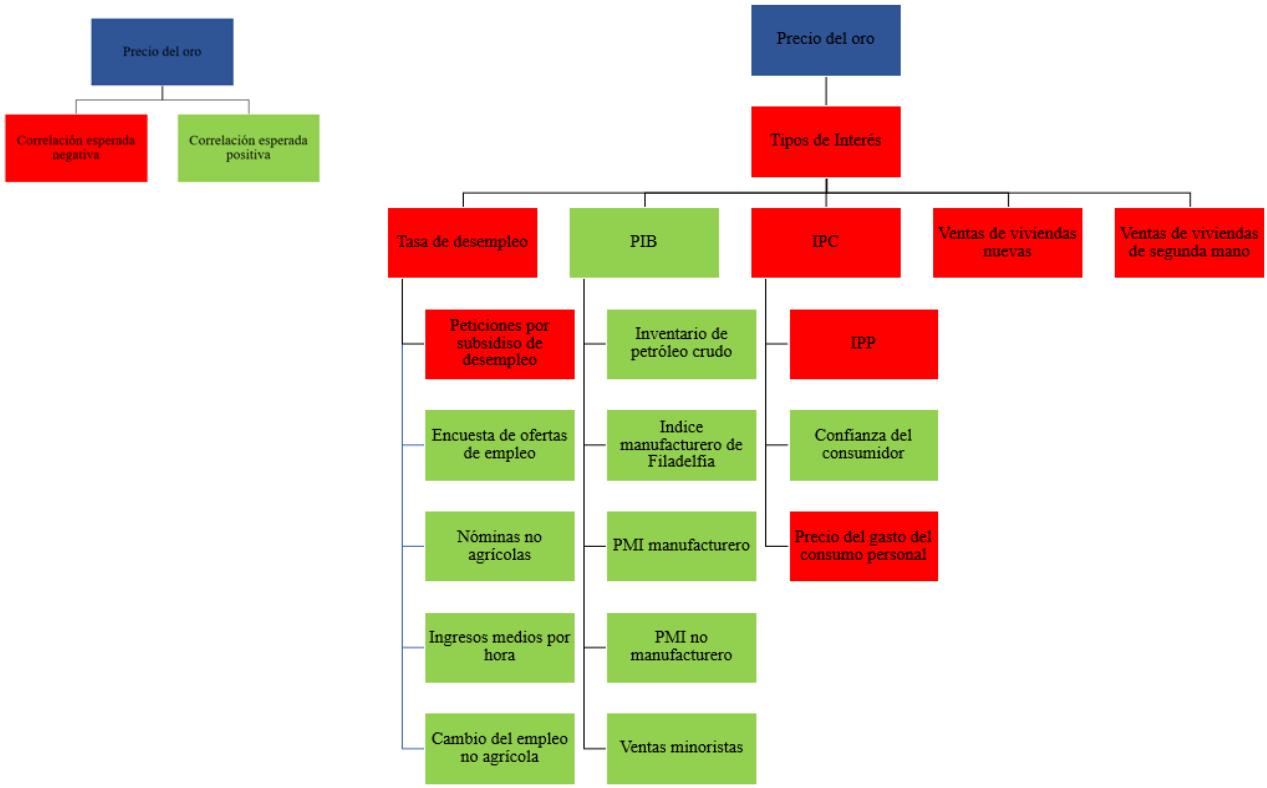


Ilustración 18. Diagrama de correlaciones esperadas. Elaboración propia

En el diagrama anterior se agrupada cada evento según su objetivo de medición y se detallada la correlación esperada con el precio del oro. Los eventos de color rojo se esperan tenga una correlación negativa con el oro, mientras que los eventos en verde, se espera que su correlación sea positiva. Adicionalmente, de acuerdo a la posición asignada a cada indicador en el diagrama de la ilustración 18, entre más cerca se encuentre del precio del oro (de color azul) se espera que la correlación entre ambas variables sea más fuerte.

Análisis de Correlaciones

Con el fin de confirmar y analizar la correlación existente entre el precio del oro y los 19 eventos macroeconómicos se realizaron los respectivos diagramas de dispersión:

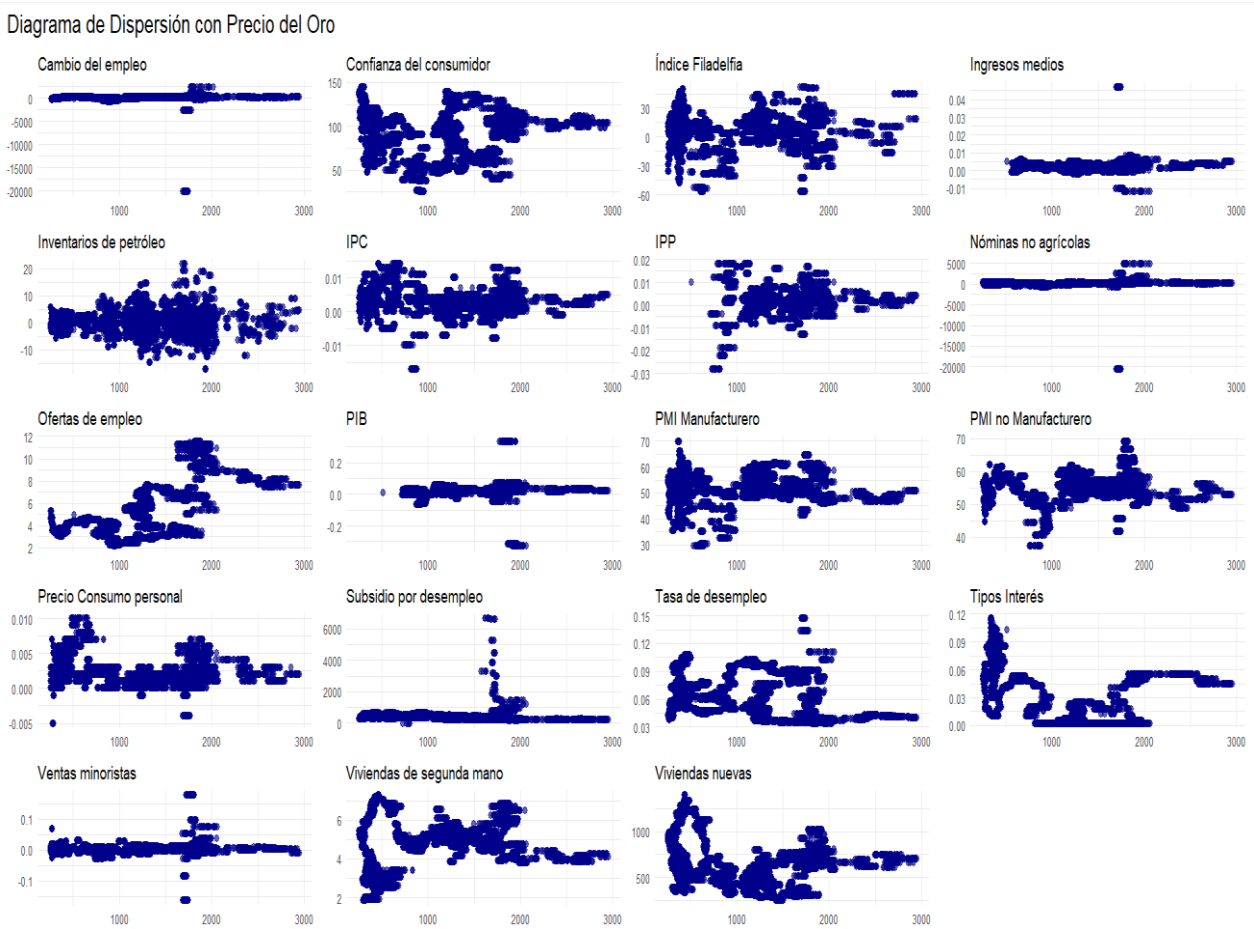


Ilustración 19. Diagramas de dispersión, indicadores macroeconómicos vs precio del oro. Elaboración propia

De acuerdo con estos diagramas podemos encontrar correlaciones importantes entre el precio del oro y: Tipos de interés, Ofertas de Empleo, Ventas de Vivienda de Segunda Mano y Ventas de Vivienda Nuevas. Para verificar y ampliar lo anterior, se usará las matrices de correlación entre las 19 variables y el precio del oro.

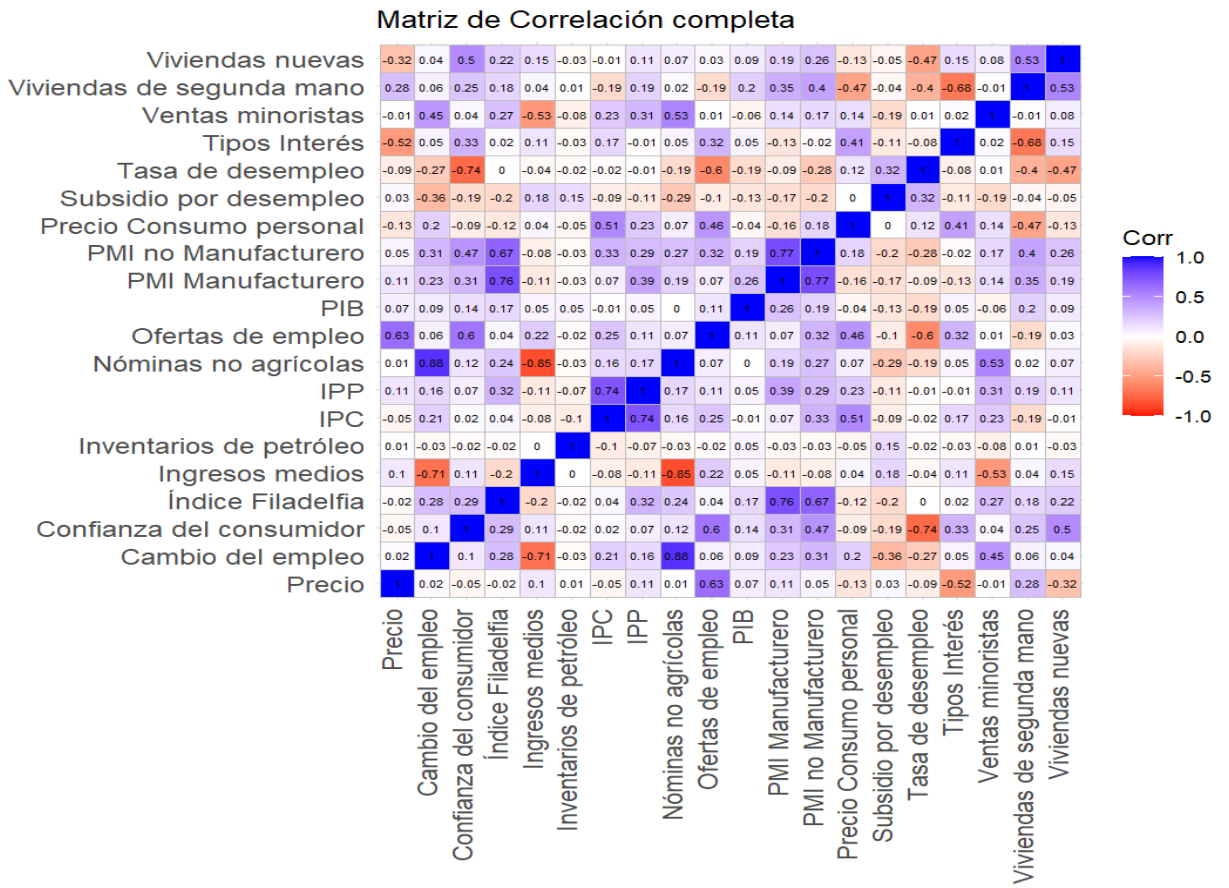


Ilustración 20. Matriz de correlación 1980 2025. Elaboración propia

En la matriz anterior se muestran los coeficientes de correlación que pueden tomar valores entre -1 y 1. Entre más cerca de -1 esté el coeficiente de correlación, significa que la correlación es fuerte y negativa, esto es, a medida que aumenta una variable la otra disminuye y viceversa. En la matriz anterior, de acuerdo con la escala de colores, estos casos serían los que toman tonalidades más rojizas. Por otro parte, los valores más cerca al 1, quiere decir que la correlación es fuerte y positiva, lo que implica que, cuando una variable aumenta la otra también lo hace. En el gráfico anterior, estos datos son los que tienden a colores azules.

La matriz de correlación se construyó con todos los datos históricos que logramos recuperar entre 1980 y 28 de febrero de 2028. Esta matriz muestra los coeficientes de correlación entre todos los datos analizados. En la primera columna se puede leer la correlación de cada evento con el precio

del oro, en las siguientes columnas se puede apreciar la correlación entre eventos. Aunque esto último no hace parte del alcance del presente trabajo, se hace interesante mostrarlo dado que existen eventos que pueden afectar directamente otros eventos, por ejemplo, las Nómicas no Agrícolas y el Cambio del Empleo no Agrícola, tiene una correlación del 0,88, es decir, alta y positiva. Lo mismo ocurre con los Índices Manufactureros (PMI Manufacturero y PMI no Manufacturero) que tienen una correlación de 0,77. Por otra parte vemos que las Nóminas no agrícolas y los Ingresos Medios tienen una correlación alta y negativa de -0,85, lo que quiere decir que, teóricamente, a medida que uno aumenta el otro disminuye.

Si nos centramos en la primera columna, donde se encuentra el valor de los coeficientes de correlación el precio del oro y los 19 eventos macroeconómicos, vemos que las variables con mayor correlación con el precio son: Ofertas de Empleo (coeficiente 0,63 correlación positiva), Tipos de Interés (coeficiente -0,52 correlación negativa), Ventas de Viviendas Nuevas (coeficiente -0,32 correlación negativa) y Ventas de Vivienda de Segunda Mano (coeficiente 0,28 correlación positiva). Si bien ninguna de las correlaciones anteriores supera un coeficiente de +-0,80, podemos analizar modelos de pronósticos con los eventos que mayor correlación tienen.

Los eventos macroeconómicos, al igual de las economías mismas, pueden tener diversas variaciones y relaciones a lo largo del tiempo, es decir, un par de variables puede tener una alta correlación en la década de 80s pero no presentar correlación aparente en la década actual de los 2020s. Para analizar esto, en la ilustración 21 podemos revisarla matriz de correlación por décadas:

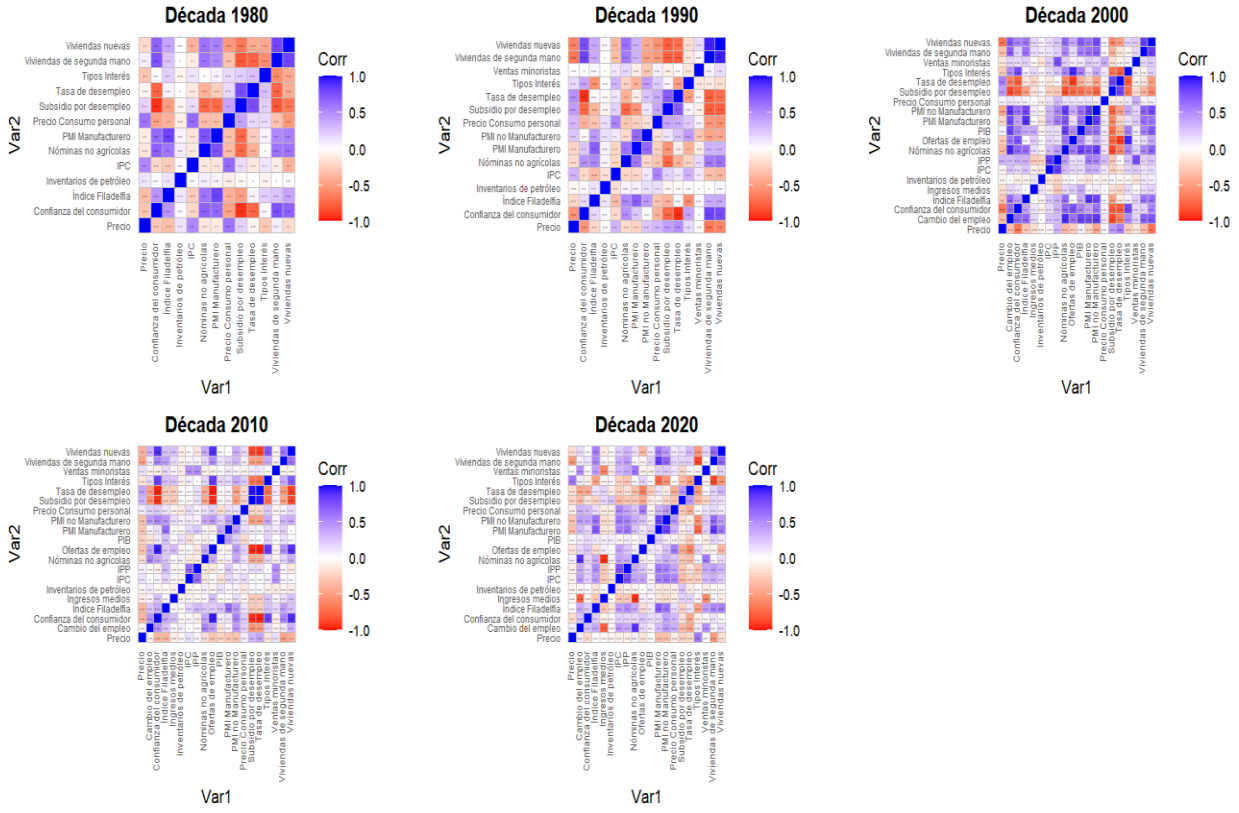


Ilustración 21. Matriz de correlación década reciente 2020-2025. Elaboración propia

De la tonalidad presente en las anteriores matrices, podemos ver que, durante las 3 primeras décadas, la correlación existente entre eventos era más fuerte que en los 2010s y 2020s dado que se puede observar mayor presencia de tonos rojos y azules en las primeras décadas. En las dos primeras predominaba más el tono rojo (correlación negativa) mientras que en la década de los 2000s se evidencia mayores correlaciones positivas (tonos azules).

En este mismo sentido y teniendo en cuenta esta variación entre décadas, se analizaron los valores más recientes para la década de los 2020s y se presentan en la ilustración 22:

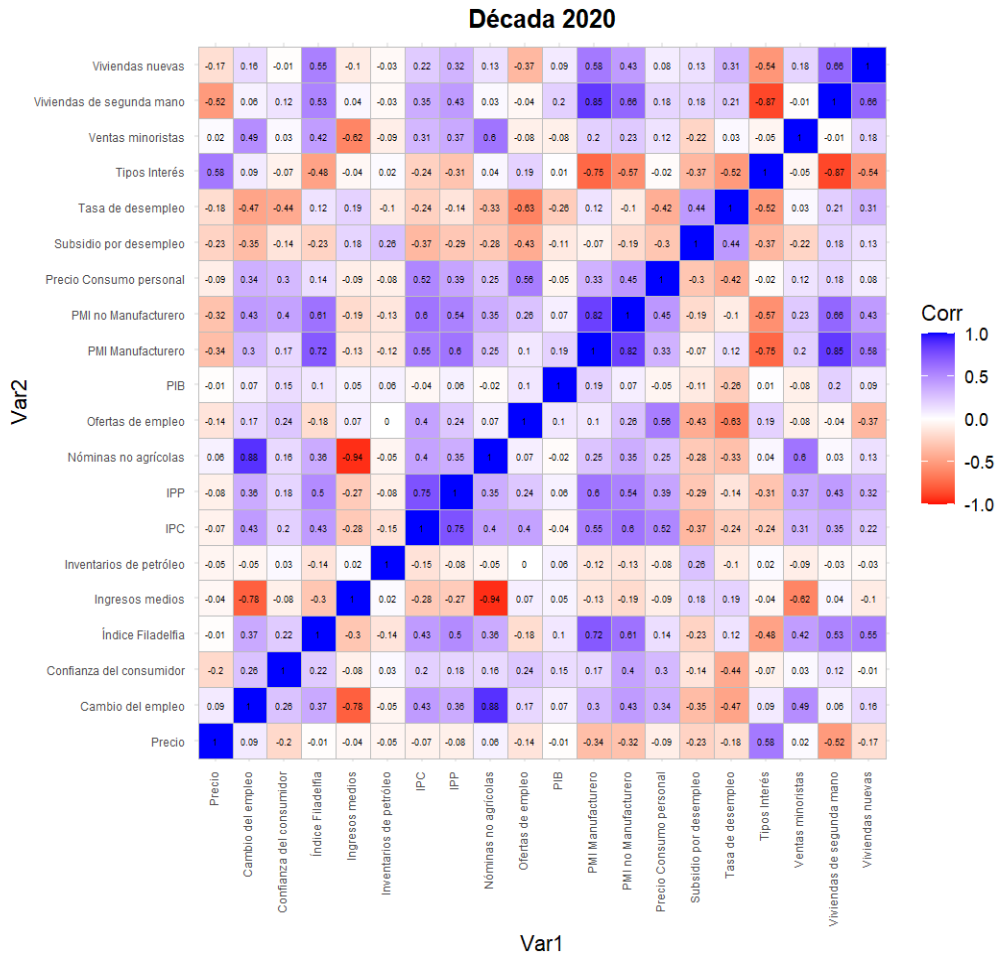


Ilustración 22. Matriz de correlación década reciente 2020-2025. Elaboración propia

De la matriz anterior, elaborada con los datos de los años 2020-2025, se puede observar que, al igual que en la matriz completa de todos los años, los Tipos de Interés continúan presentando correlación con el precio del oro (en este caso positivo, coeficiente de 0,53). También las Ventas de Vivienda de Segunda Mano registran correlación negativa (coeficiente de -0,52). A diferencia de la matriz inicial completa, los Índices PMI no Manufacturero y PMI Manufacturero, aparecen en esta matriz con coeficientes de -0,32 y -0,34 respectivamente (correlación negativa).

En la siguiente ilustración se muestra la correlación teórica esperada del precio del oro con el evento macroeconómico y la correlación real que se obtuvo tanto para los datos completos (1980-2025) como para los años más recientes (2020-2025).

Evento Macroeconómico	Correlación esperada precio oro (positiva o negativa)	Correlación real entre 1980 y 2025	Correlación real entre 2020 y 2025
IPC	Negativa	Negativa	Negativa
Precios del gasto en consumo personal subyacente	Negativa	Negativa	Negativa
Tasa de desempleo	Negativa	Negativa	Negativa
Ventas de viviendas nuevas	Negativa	Negativa	Negativa
Nóminas no agrícolas	Positiva	Positiva	Positiva
Cambio del empleo no agrícola ADP	Positiva	Positiva	Positiva
Nuevas peticiones de subsidio por desempleo	Negativa	Positiva	Negativa
IPP	Negativa	Positiva	Negativa
Ventas de viviendas de segunda mano	Negativa	Positiva	Negativa
Decisión de tipos de interés	Negativa	Negativa	Positiva
Ingresos medios por hora	Positiva	Positiva	Negativa
Inventarios de petróleo crudo de la AIE	Positiva	Positiva	Negativa
PMI manufacturero del ISM	Positiva	Positiva	Negativa
Ventas minoristas	Positiva	Negativa	Positiva
PMI no manufacturero del ISM	Positiva	Positiva	Negativa
Encuesta JOLTS de ofertas de empleo	Positiva	Positiva	Negativa
PIB	Positiva	Positiva	Negativa
Confianza del consumidor de The Conference Board	Positiva	Negativa	Negativa
Índice manufacturero de la Fed de Filadelfia	Positiva	Negativa	Negativa

Ilustración 23. Correlación teórica vs correlación real. Elaboración propia

En la ilustración 23, se puede observar que la correlación completa de 1980-2025 coincidió con las hipótesis en un 70% aproximadamente, es decir, que 13 de los 19 eventos macroeconómico estudiados registraron la correlación esperada con el precio del oro. Por su parte, para los datos entre 2020 y 2025, el resultado entre la correlación esperada y real fue de un 50% aproximadamente, en este caso, fueron 10 los eventos que se comportaron de acuerdo con lo esperado.

El IPC, los Precios del Gasto del Consumo Personal, la Tasa de Desempleo, las Ventas de Viviendas Nuevas, las Nóminas No Agrícolas y el Cambio del Empleo No Agrícola fueron los 7 eventos que mantuvieron la correlación esperada tanto para en análisis de los datos completos como para los años más recientes.

De lo anterior, podemos ver que existe correlación entre el precio del oro y algunos eventos macroeconómicos y que, si bien estas pueden variar y ser más altas o débiles en distintos momentos de la historia, se evidencia relación en todas las décadas analizadas.

Series de tiempo del precio

Una vez se estableció correlación entre el precio del oro y los eventos macroeconómicos, se plantearon modelos de series de tiempo con el fin de generar pronósticos del precio del oro tomando como variables regresoras: el mismo precio y los 19 eventos macroeconómicos y las correlaciones existentes.

Como hemos mencionado, los datos recopilados reúnen información hasta 28 de febrero de 2025, por lo tanto, el pronóstico se realiza para 30 días de cotización de mercado, esto es, desde el 1 de marzo hasta el 11 de abril de 2025.

Para ello se desarrollaron modelos ARIMAX (modelo autoregresivos con variables exógenas). Inicialmente se plantearon modelos de tipo **ARIMAX** (1,1,1) con estos parámetros el modelo: usa un valor del pasado de la propia serie, se diferencia hasta una vez para hacer la serie estacionaria, usa un error del pasado para predecir el futuro y **adicionalmente tiene en cuenta el comportamiento de las variables exógenas para el pronóstico**. También se generaron modelos autoARIMAX para ajustar los parámetros lo mejor posible a los datos. Adicionalmente, y con el fin de poder analizar el efecto en los pronósticos de los eventos macroeconómicos, se plantearon modelos de tipo **ARIMA**, es decir, modelos autoregresivos **solo con el precio del oro**. Luego de realizar distintos modelos se obtiene los resultados relevantes y se muestran en la ilustración 24:

Nombre modelo	Descripción	MAPE Pronostico	MAPE Inferior 80	MAPE Superior 80	MAPE inferior 95	MAPE superior 95	p-value Box.test
autoARIMAX	Modelo autoARIMAX para buscar el mejor ajuste para el precio del oro con las 19 variables regresoras	2,77%	3,82%	1,93%	4,44%	1,78%	0,7133
ARIMAX (1,1,1)	Modelo ARIMAX básico para el precio del oro con las 19 variables regresoras	2,94%	4,78%	1,81%	6,00%	2,09%	0,8209
ARIMA (1,1,1)	Modelo ARIMA básico solo para el precio del oro	5,21%	6,82%	3,60%	7,67%	2,79%	0,01863
autoARIMA	Modelo autoARIMA para buscar mejor ajuste solo para el precio del oro	14,23%	20,55%	7,90%	23,90%	4,55%	0,000000

Ilustración 24. Resultados de modelos ARIMA y ARIMAX. Elaboración propia

Los primeros dos, corresponden a modelos ARIMAX (con las 19 variables macroeconómicas como variables exógenas regresoras) y los siguientes 2 modelos son de tipo ARIMA, en los cuales solo se tiene en cuenta el precio del oro como factor de regresión. Al desarrollar estos modelos en R, nos arroja resultados para el pronóstico, pero también el software nos entrega proyecciones de acuerdo con intervalos de niveles de significancia del 80% y del 95%. Para cada uno de estos valores predictivos, se calculó el MAPE (error de porcentaje medio absoluto) comparando el valor generado por el modelo y el valor real para los 30 días de cotización del mercado seleccionados para validar. Adicionalmente, con el fin de corroborar que los errores siguieran una distribución aleatoria (lo ideal en modelo de pronósticos) se aplicó la prueba estadística Box.test donde se espera que el valor-p sea mayor a 0,05 para considerar que los errores tiene una distribución aleatoria.

Al analizar los datos de los modelos anteriores, se evidencia que los valores que mejor ajuste tienen de acuerdo con el MAPE, son los valores de los modelos ARIMAX, dado que, el pronóstico obtenido para el modelo ARIMA tienen un MAPE de 14,23% mientras que para el modelo ARIMAX fue de 2,77%. Para los dos modelos anteriores se usó la función auto, esto con el fin de que se buscaran los mejores parámetros para los modelos de acuerdo con los datos. De igual modo si se usaron los parámetros básicos ARIMA (1,1,1) y ARIMAX (1,1,1) obtenido, de igual manera, mejores resultados para el modelo ARIMAX (1,1,1) con un MAPE de 2,94% frente al 5,21% del modelo ARIMA. Estos resultados son consistentes para los valores generados para los intervalos de confianza del 80% y del 95% donde los modelos ARIMAX también tienen mejores resultados del MAPE.

Adicionalmente, al realizar las pruebas de normalidad, los modelos ARIMAX se imponen también con este criterio a los modelos ARIMA, dado que se tienen mayores p-value, con lo que se puede establecer que los errores de estos modelos ARIMAX tienen comportamiento aleatorio, deseado en modelos de pronósticos.

Teniendo en cuenta los mismos criterios anteriores, se generaron varios tipos de modelos adicionales, entre otros analizamos: modelos para algunos rangos de años, con variables más correlacionadas, usando solo los datos de la época de los 2020s. También, usamos modelos donde mezclábamos ARIMAX y ARIMA, es decir, primero se proyectaban los pronósticos de todos los

eventos macroeconómicos con modelos ARIMA y con esta información se generaba el modelo ARIMAX.

Para darle validez a los resultados obtenidos, se usó el software @risk, especializado en análisis de riesgo financiero, y con este se proyectó, desde la función de series de tiempo que tiene el software, el mejor ajuste de series posible para el oro y la proyección de 30 días de mercado. Para este caso obtuvimos un MAPE de 4,94% con la serie de tiempo seleccionada por el software la cual fue RiskBMMRJD, modelo que genera un proceso de movimiento browniano con reversión a la media y difusión con saltos. Combina RiskBMMR y la difusión con saltos.

Finalmente, y luego de varios modelos y análisis encontramos que el modelo autoARIMAX con datos más reciente de 2020-2025 y solo con los eventos macroeconómicos con mayor correlación para este mismo periodo (Tipos Interés, Viviendas de segunda mano, PMI Manufacturero y PMI no Manufacturero) fue el que mejor MAPE presentó registrando un **1,29%** para la proyección del precio del intervalo de confianza 95% superior. La prueba de normalidad de los errores Box.test el p-value= 0,256 estuvo por encima de 0,05 de acuerdo con lo esperado. En la ilustración 25, se puede observar la gráfica de los valores reales y el pronóstico obtenido:

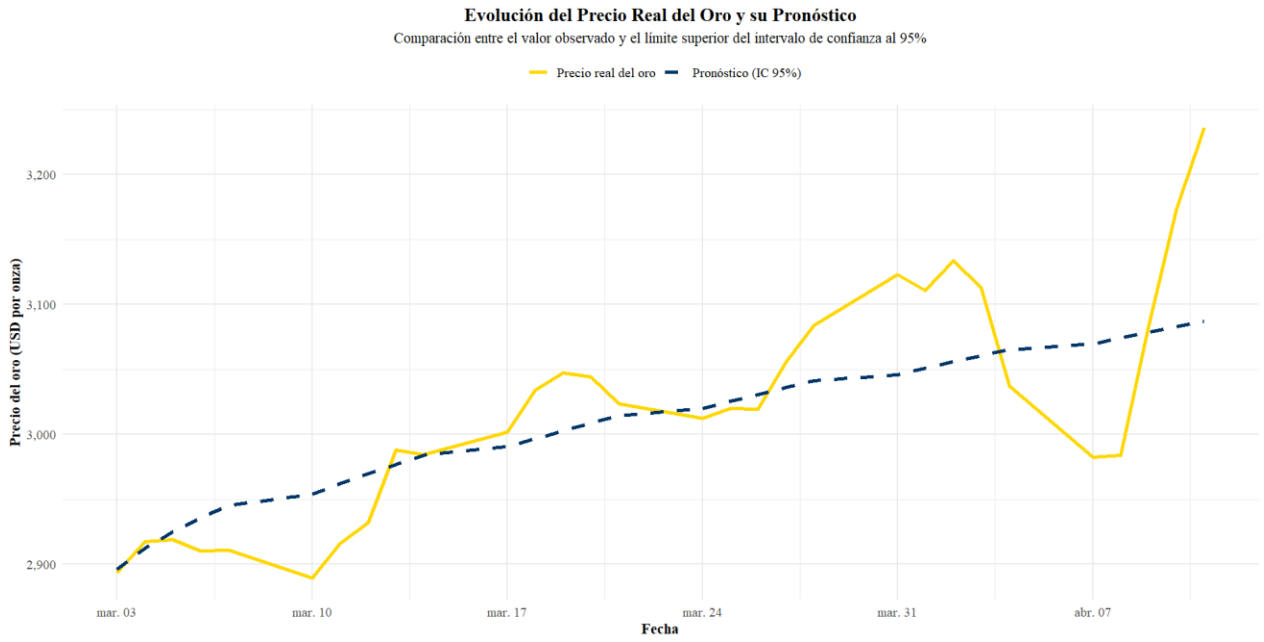


Ilustración 25. Resultado pronóstico ARIMAX vs datos reales del oro. Elaboración propia

Análisis de Volatilidad en eventos

Si bien el precio es un factor decisivo a la hora de tomar decisiones sobre las alternativas de inversión, también es importante analizar otros factores del activo como lo es, por ejemplo, la volatilidad, entendida como la diferencia entre el precio máximo alcanzado en un día y el precio mínimo. Para nuestro caso debimos reducir la base de datos y excluir valores anteriores a 2006 dado que solo hasta ese año y en adelante se encontró información de los precios máximos y mínimos diarios.

Con el objetivo de analizar el impacto en la volatilidad del oro al publicar noticias sobre los eventos macroeconómicos, obtuvimos la volatilidad promedio diaria del oro y la volatilidad promedio diaria para cada evento en los días en que se publicó información sobre ellos. Se encontraron los resultados mostrados en las ilustraciones 26 y 27:

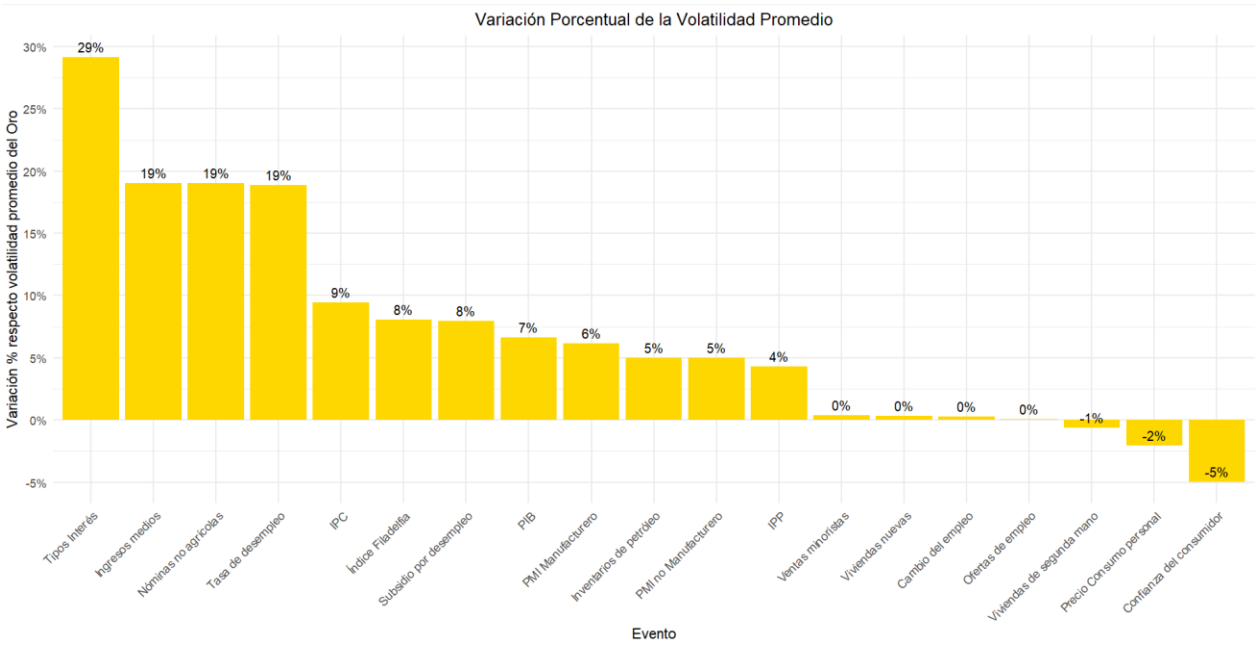


Ilustración 26. Gráfico de variación porcentual de la volatilidad promedio diaria. Elaboración propia

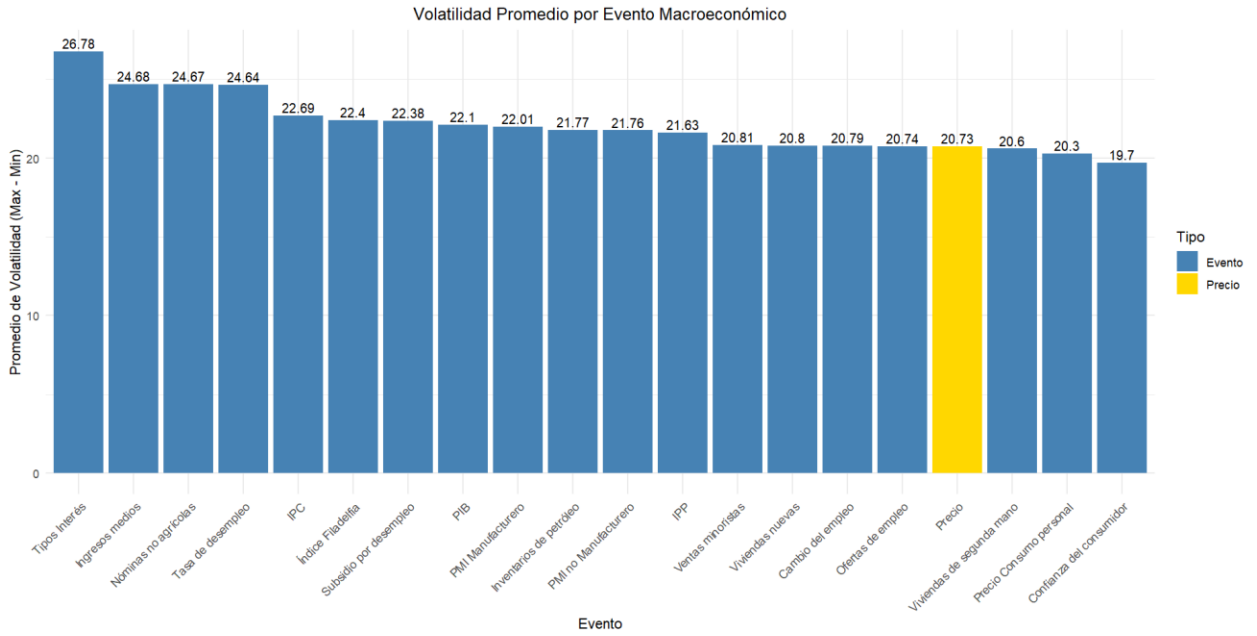


Ilustración 27. Gráfico de volatilidad promedio diaria. Elaboración propia

De acuerdo con los datos analizados entre 2006 y 2025, el oro presenta una volatilidad promedio de 20,73 puntos diarios, tal como se puede ver en la ilustración 27 en el gráfico de volatilidad promedio diaria. De los datos presentados en la ilustración 26, gráfico de variación porcentual de volatilidad promedio diaria, tenemos que, por ejemplo, los Tipos de Interés tienen una volatilidad promedio del 29% más que el promedio diario del precio, esto es aproximadamente 26,7 de puntos en volatilidad promedio.

Se puede entonces observar que, en la mayoría de los casos la volatilidad promedio del oro aumenta los días en los que se publican noticias relacionadas con los 19 eventos macroeconómicos analizados.

Ahora bien, si realizamos este mismo análisis, pero para una temporalidad menor, por ejemplo, 5 minutos, podemos apreciar que la volatilidad promedio en los minutos posteriores a la publicación de las noticias sobre el evento macroeconómico, aumenta significativamente en relación al promedio, como se puede ver a continuación:

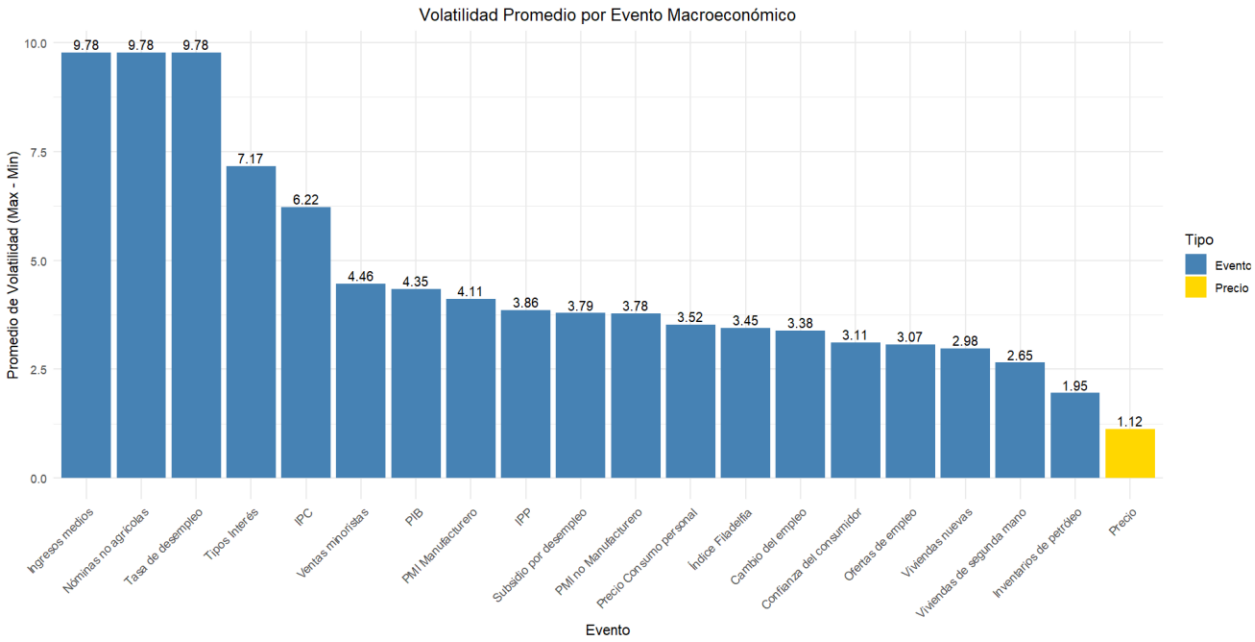


Ilustración 28. Gráfico de volatilidad promedio en temporalidad 5 minutos. Elaboración propia

Para la construcción del gráfico mostrado en la ilustración 28, se tomaron datos desde el 23 de abril de 2010 hasta 28 de febrero de 2025, esto debido al gran volumen de información por tener datos cada 5 minutos (más de un millón de datos).

Del gráfico mostrado en la ilustración 28, se puede ver que la volatilidad promedio del oro en 5 minutos es de 1,12 puntos, mientras que, para publicación de datos de la Tasa de Desempleo, Ingresos Medios o Nóminas No Agrícolas, la volatilidad aumenta en 9 veces aproximadamente. En general en todos los 19 eventos macroeconómicos la volatilidad es mayor que la volatilidad promedio en 5 minutos.

Análisis de rendimiento

Finalmente, como métrica adicional y relevante para las decisiones de inversión, tenemos los rendimientos diarios del oro. Para nuestro caso, y con el fin de poder establecer una comparación concreta entre rendimientos del oro promedio y el efecto en estos rendimientos el día de publicación de noticias de eventos macroeconómicos, se toma el precio del final del día y del inicio y con ello se establece el rendimiento. Esto debido a que, la forma tradicional de calcular el rendimiento con el precio del día anterior y el precio del día actual, no es factible para la comparación que se requiere, debido a la temporalidad de la publicación de noticias (puede ser semanal o mensual). Es importante precisar que se tomaron precios desde mayo 1986 debido a que, antes de este año, no se publican los datos del precio de inicio y fin del día. Al generar los datos con lo anteriormente dicho, se obtuvo:

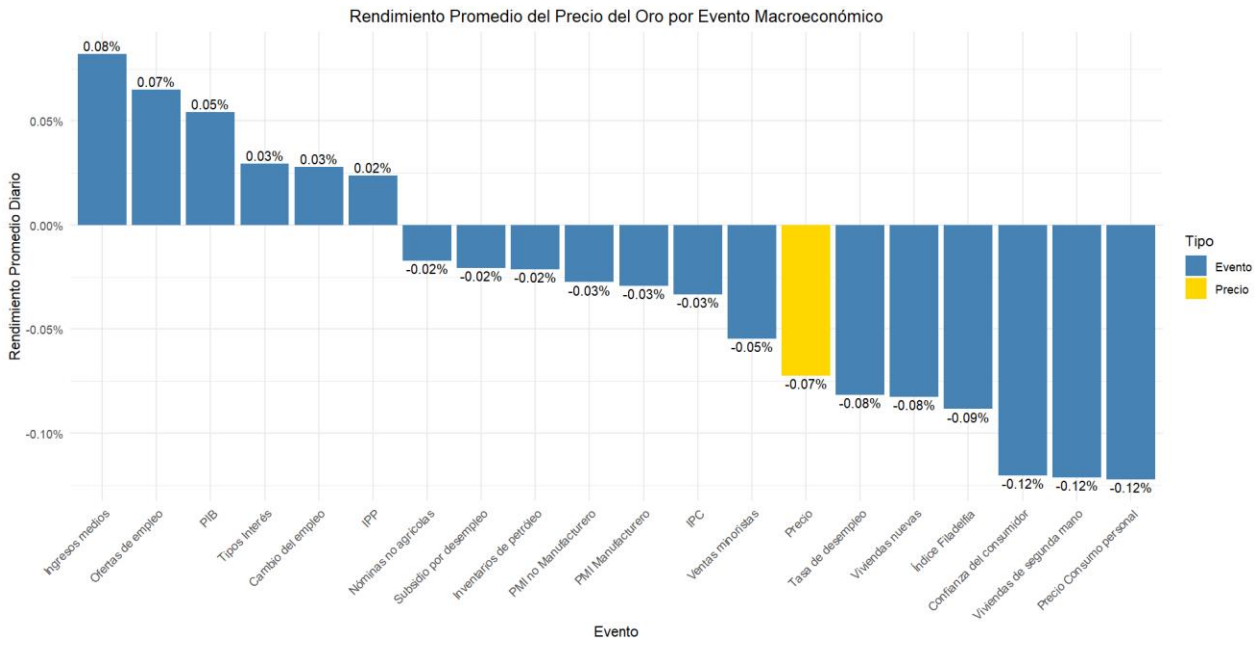


Ilustración 29. Gráfico de rendimientos promedio diarios. Elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico de la ilustración 29, el rendimiento promedio diario del oro es de -0,07%. En este caso, vemos rendimientos promedios positivos relevantes los días en que se publican noticias como Ingresos Medios y Ofertas de Empleo con 0,08% y 0,07% respectivamente. Por otra parte, vemos rendimientos negativos mayores al promedio en eventos como Confianza del Consumidor, Ventas de Viviendas de Segunda Mano y Precio del Consumo Personal con rendimiento del -0,12% en los tres casos. Vemos además que los rendimientos promedios positivos de los Ingresos medios y las Ofertas de empleo coinciden con las correlaciones teóricas esperadas planteadas en el diagrama de la ilustración 18. Lo mismo ocurre para la Ventas de Viviendas de Segunda Mano y Precio del Consumo Personal que se espera presentan una correlación negativa y coincide con los rendimientos promedios diarios.

Riesgo de mercado según los rendimientos

Una de las grandes hipótesis aceptada dentro de los mercados financieros es que el oro es un activo refugio, es decir, es un activo confiable para invertir en épocas de crisis o nerviosismo en los mercados.

Para analizar esta hipótesis, se usó principios del riesgo de mercado y se calculó el beta de los rendimientos del oro contra el mercado. En este caso se comparó contra el NASDAQ, uno de los indicies más importantes del mercado accionario de EE.UU.

Aplicadas las fórmulas correspondientes para calcular *el beta* (indicador de riesgo de mercado), se obtuvieron resultados mostrados en las ilustraciones 30 y 31:

Beta de Oro metodo 1	
Covarianza mercado- activo	5,87255E-07
Varianza mercado	0,000180514
Beta	0,003253232

Beta de Oro metodo 2	
Desviación Estandar activo	0,011110026
Desviación Estandar mercado	0,013436155
Correlación mercado-activo	0,003934368
Beta	0,003253232

Ilustración 30. Cálculo del beta, riesgo del mercado del oro vs NASDAQ. Elaboración propia

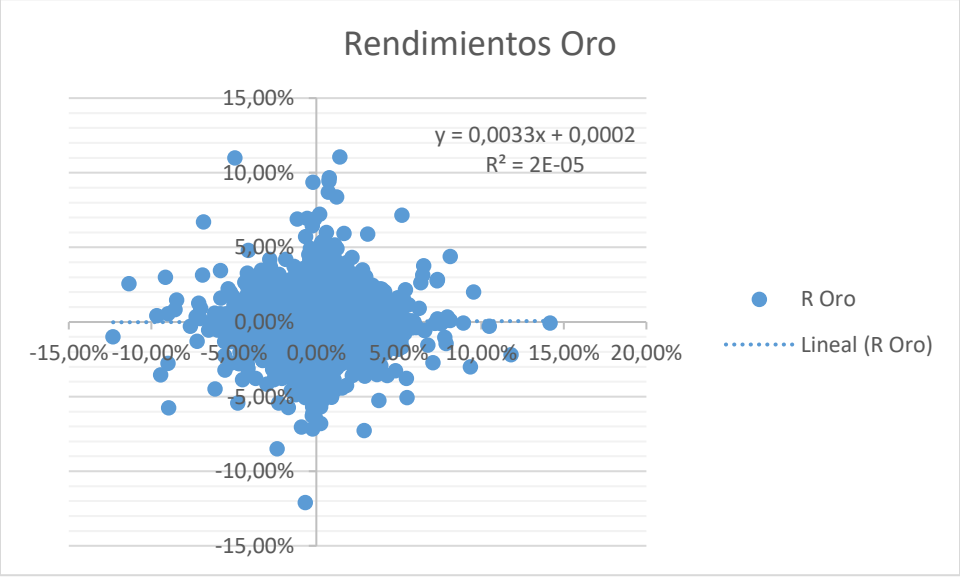


Ilustración 31. Gráfico de dispersión del precio del oro vs los rendimientos del NASDAQ. Elaboración propia

Con base en lo anterior se puede ver que *el beta* del oro respecto al NASDAQ es de 0,00325, es decir, un valor muy cercano a cero, lo que quiere decir que el oro no se mueve correlacionado con el índice accionario, lo que significa que el oro no reacciona igual que el mercado de las acciones y que en efecto se puede considerar como un activo refugio para este mercado.

Etapa 4. Planteamiento de alternativas, recomendaciones y estrategias de inversión y gestión de riesgo.

Del desarrollo del presente trabajo es posible entonces plantear estrategias y alternativas de inversión para el oro de acuerdo con el análisis de su **precio**, **volatilidad** y **rendimiento** y el efecto de los principales eventos macroeconómicos de EE.UU., las cuales se describen a continuación:

Estrategia pronóstico del precio

Inicialmente, se pudo establecer que **el precio del oro** se encuentra correlacionado con los eventos macroeconómicos y si bien, la correlación no es siempre fuerte ni constante, es posible usar estos datos para elaborar modelos de pronóstico que se ajusten mejor al precio.

En este caso y como estrategia de inversión planteamos usar modelos de tipos **ARIMAX usando como variables regresoras los datos de eventos macroeconómicos de años más recientes y con mayor correlación.** Se sugiere proyectar el precio del oro a corto plazo, dado que, debido a los múltiples factores que logran influir en el valor de este activo, se puede apreciar un menor MAPE en pronósticos más recientes. El modelo que mejor ajuste presentó para el análisis realizado fue modelo autoARIMAX usando los datos de 2020 a 2025 y con las variables que mayor correlación presentaron para ese rango de años las cuales fueron: Tipos Interés, Viviendas de segunda mano, PMI Manufacturero y PMI no Manufacturero.

Estrategia volatilidad en 5 minutos:

Adicionalmente, pudimos evidenciar que la **volatilidad** diaria e intradía del oro aumenta considerablemente en el momento que se producen noticias sobre los eventos macroeconómicos. La fecha y hora exacta de publicación de cada noticia se puede consultar en el calendario económico del portal Investing.com. Es por ello que, como estrategia para aprovechar esta volatilidad se propone desarrollar **una estrategia de scalping (poco tiempo en el mercado) en temporalidad de 5 minutos, que fue donde encontramos un incremento mayor de la volatilidad. Esta estrategia se sugiere tenga como como objetivo obtener entre 3 y 5 puntos como beneficio**. Debido a que estos movimientos del mercado son muy rápidos y se dan en cuestión de segundos, se programó en el lenguaje MQL4 un código para trading algorítmico (conocido como Asesor Expertor EA o robot) el cual, justo 3 segundos antes de que se efectué el anunció de la noticia, ingresa en operación al mercado tanto en compra como en venta y establece una posición de salida para cada operación de un (1) punto para cuando el precio se vaya en contra y una toma de beneficios de 5 puntos para aprovechar el movimiento a favor. En este caso, se busca que, una de las dos operaciones se cierre perdiendo un punto y la otra genere beneficios de 5 puntos.

Para esta estrategia se debe analizar cuales eventos macroeconómicos operar. Se sugiere que sean aquellos cuya volatilidad en 5 minutos sea superior a 4 puntos.

A continuación, se describe una operación real en el mercado ejecutada el día 04 de junio de 2025 a las 9:00 am hora de Colombia 5:00 pm hora de mercado (17:00 horas). En este caso se publicó noticias sobre el PMI No Manufacturero del ISM. Se usa el bróker ICMartkets y la plataforma MT4 para ejecutar las operaciones con el algoritmo creado para realizar las mismas.

Para lograr ejecutar esta operación se creó unca cuenta real en el bróker y se depositó el valor mínimo permitido de acuerdo con el margen o garantía requerida (3,6 USD), para poder ejecutar la operación más pequeña llamada micro lote (0,01). Los parámetros mediante los cuales se ejecutó dicha operación se muestran en la ilustración 32:

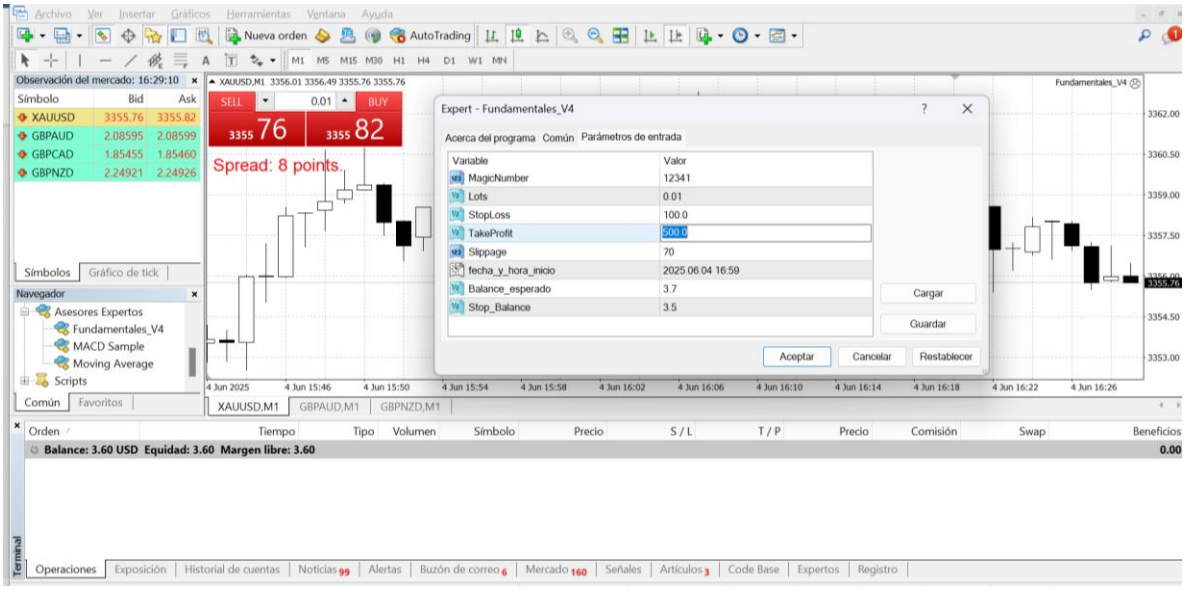


Ilustración 32. Parámetros del Expert para ejecutar operaciones. Elaboración propia

- MagicNumber: Código de diferenciación para el bot creado o Asesor Experto (EA)
- Lots: Cantidad de lotes a operar, en este caso la posición más pequeña posible 0,01 (un micro lote).
- StopLoss: Cantidad de ticks que se permitirán para salir de la posición en perdida. Se usa 1 punto que equivale a 100 ticks.
- TakeProfit: Cantidad de ticks que se permitirán para salir de la posición en beneficios. Se usa 5 punto que equivale a 500 ticks.
- Slippage: Deslizamiento permitido para ingresar en operación, esto es, diferencia entre el precio en que se envía automáticamente para ejecutar la operación y el precio real que se logra obtener en el mercado. En este caso se deja en 70 ticks debido a la volatilidad y movimientos rápidos del mercado.
- Fecha y hora de inicio: Se debe parametrizar 3 segundos antes del anuncio de la noticia. Se programó ingresar en operaciones a las 16:59:57.
- Balance_esperado: Este parámetro se usa para que, en caso de que se generen beneficios muy rápido, no se ejecuten operaciones nuevas. En este caso se fijó 3,7 USD por encima del saldo de la cuenta que es de 3,6 USD.

- Stop_Balance: Este parámetro se usa para que, en caso de que se generen pérdidas muy rápido, no se ejecuten operaciones nuevas. En este caso se fijó 3,5 USD por debajo del saldo de la cuenta que es de 3,6 USD.

Se ingresó en la operación justo segundos antes del anuncio de la noticia del PMI No Manufacturero:



Ilustración 33. Ingreso prueba operación real. Elaboración propia.

Se abrieron ambas operaciones, tanto venta como compra, se fijó como nivel de salida un (1) punto cuando el mercado se movía en la dirección opuesta.

Justo a la hora del anunció de la noticia (17:00 hora), el mercado inició un movimiento al alza y cierra la transacción de venta (sell- corto). Esta operación finaliza con saldo negativo de 2,03 USD (se espera perder solo 1 USD, pero fue mayor por las comisiones y por el deslizamiento rápido del mercado). La operación en compra (buy- largo) continuó abierta.

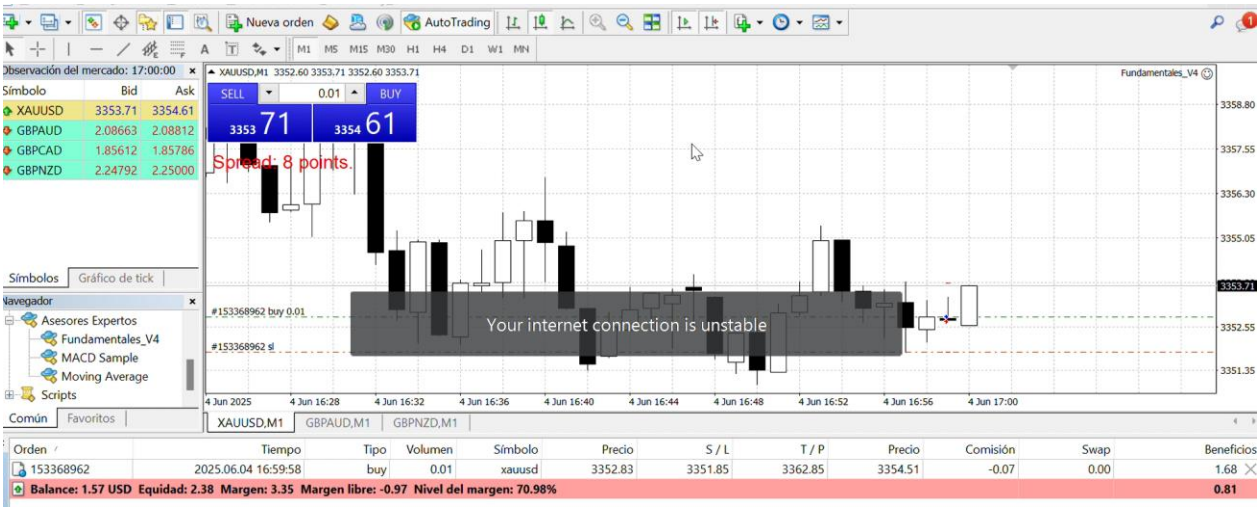


Ilustración 34. Avance prueba operación real. Elaboración propia.

El precio siguió con un movimiento al alza y a los 9 segundos después de la publicación de la noticia, alcanzó un movimiento de 4 puntos, obteniendo un beneficio de 4 USD aproximadamente. Con este beneficio se cierra manualmente la operación.



Ilustración 35. Desarrollo prueba operación real. Elaboración propia.

En este caso, la utilidad real entre ambas operaciones fue de 2,03 USD esto quiere que se obtuvo un rendimiento porcentual del capital invertido de 56% (inversión de 3,6 USD).

Es importante para el desarrollo de esta estrategia, analizar los deslizamientos que se puedan producir en el precio producto de la volatilidad, así como los gaps (huecos de negociación) que puedan generarse. También se deben tener en cuenta aspectos como comisiones que tienen los brokers para poder negociar en sus plataformas. Adicionalmente, se debe tener presente que, para las operaciones descritas anteriormente, se usó el apalancamiento máximo ofrecido por el bróker (1:1000) lo que incrementa el nivel de riesgo de la estrategia.

Estrategia con rendimientos promedios

Para finalizar, y teniendo en cuenta que los **rendimientos** del oro evidenciaron relaciones interesantes con los eventos macroeconómicos, se propone identificar los eventos macroeconómicos con tendencias claras en su rendimiento promedio diario durante la publicación de la noticia y, durante ese mismo día, comprar o vender oro de acuerdo con lo que indique el rendimiento histórico. Del análisis realizado consideramos recomendable que, durante los días de publicación de los Ingresos Medios, Ofertas de Empleo y el PIB ejecutar órdenes de compra el inicio del día y cerrarlas antes que finalice el mismo, dado que durante los días de publicación de estas 3 noticias se tiene rendimientos promedios positivos de 0,08%, 0,07% y 0,05% respectivamente. Caso contrario para eventos como las Ventas de Vivienda de Segunda Mano, la Confianza del Consumidor y el Precio del Gasto del Consumo en cuyo caso se recomienda ejecutar órdenes de venta para aprovechar los rendimientos negativos promedios de -0,12% que se registran para estos 3 eventos.

6. Conclusiones y recomendaciones

Como conclusión general, se estableció que los indicadores macroeconómicos de EE.UU. tienen relación e inciden en el precio del oro, tanto en su volatilidad como en su rendimiento. Esto debido a que en los diferentes periodos de tiempo analizados se muestran niveles de correlación entre el precio y los datos de los indicadores.

Como estrategia basada en pronóstico para el precio del oro, se concluye que el mejor modelo de series de tiempo que obtuvo el mejor error promedio (MAPE) fue el Modelo ARIMAX a corto tiempo (5 años) y usando como variables regresoras los eventos macroeconómicos con mayor correlación.

Del análisis realizado se concluyó también que la volatilidad del precio del oro incrementa en los momentos que se publican noticias sobre los eventos macroeconómicos, evidenciándose un mayor impacto en temporalidades menores como 5 minutos. En este sentido se propone usar estrategias de scalping (transacciones de poco tiempo) para aprovechar estos movimientos fuertes.

Finalmente, al revisar los rendimientos del oro, se puede confirmar que actúa como activo refugio respecto al mercado accionario (índice NASDAQ), pues el beta obtenido es cercano a cero.

También se puedo evidenciar tendencia en rendimientos promedio para los momentos en que se publican noticias de algunos eventos macroeconómicos y esto representa una oportunidad de inversión con probabilidad favorables.

Referencias

Amat Rodrigo, J., & Escobar Ortiz, J. (2023). *Modelos ARIMA y SARIMAX con Python*. Cienciadedatos.net. Recuperado el 6 de junio de 2025, de https://cienciadedatos.net/documentos/py51-modelos-arima-sarimax-python

AngloGold Ashanti. (2014). El oro: *Todo lo que debe saber en 100 preguntas.* Editorial Nomos. https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2018/10/el_oro_pdf_final_baja_0.pdf

AvaTrade. (s.f.). *¿Qué es un PIP? Aprenda qué son pips y Mejore su Trading*. Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://www.avatrade.es/educacion/trading-para-principiantes/que-es-pip

Banco de la República de Colombia. (s. f.). *Tasa de interés de política monetaria*. Banco de la República. https://www.banrep.gov.co/es/glosario/tasa-de-interes-de-politica-monetaria

Banco Santander. (s.f.). *¿Qué es el NASDAQ?* Glosario. Recuperado el 6 de junio de 2025, de https://www.bancosantander.es/glosario/nasdaq

Banco Santander. (s.f.). *Política y economía de Estados Unidos*. Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://santandertrade.com/es/portal/analizar-mercados/estados-unidos/politica-y-economia

BBVA. (2024, 20 de octubre). *¿Cómo se fija el precio del oro y por qué?* https://www.bbva.com/es/economia-y-finanzas/fija-precio-oro/

Brenes González, H. A. (2018). *El coeficiente beta (β) como medida del riesgo sistemático: Una demostración de que el valor del riesgo sistemático del mercado es igual a uno*. Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas, 6(12), 1–21.

Datos Macro Expansión. (s.f.). *Economía y demografía de Estados Unidos*. Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://datosmacro.expansion.com/paises/usa

FasterCapital. (2025, abril 24). *Prueba de Ljung-Box: Más allá de la autocorrelación: la prueba de Ljung-Box en el contexto de las raíces unitarias*. https://fastercapital.com/es/contenido/Prueba-de-Ljung-Box--Mas-alla-de-la-autocorrelacion--la-prueba-de-Ljung-Box-en-el-contexto-de-las-raices-unitarias.html.

Huffington Post. (2024, 31 de enero). *Los analistas revelan tres inesperados países implicados en la gran sacudida histórica del oro.* Huffington Post España. https://www.huffingtonpost.es/sociedad/los-analistas-revelan-tres-inesperados-paises-implicados-gran-sacudida-historica-oro.html

Investing.com. (s.f.). *Calendario económico*. Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://es.investing.com/economic-calendar/

Investing.com. (s.f.). *Cambio Oro al contado Dólar hoy | Cotización XAU/USD*. Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://es.investing.com/currencies/xau-usd

J.P. Morgan Private Bank. (2024). *¿Es una época dorada para el oro?* Recuperado de https://privatebank.jpmorgan.com/latam/es/insights/markets-and-investing/es-una-epoca-dorada-para-el-oro

La República. (2024, 31 de enero). *Estados Unidos es el país con mayor reserva de oro del mundo, con 8.133 toneladas*. La República. https://www.larepublica.co/globoeconomia/estados-unidos-es-el-pais-con-mayor-reserva-de-oro-del-mundo-con-8-133-toneladas-3813352

Mauricio, J. A. (2007). *Introducción al análisis de series temporales*. Universidad Complutense de Madrid. https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-11-JAM-IAST-Libro.pdf

Pronóstico Experto. (s.f.). *Métricas para Medición de la Asertividad de un pronóstico*. Recuperado el 6 de junio de 2025, de https://www.pronosticoexperto.com/cpto-metricas-medicion-asertividad

Scotiabank México. (s.f.). *Rendimiento*. Glosario Financiero. Recuperado el 6 de junio de 2025, de https://www.scotiabank.com.mx/glosario-financiero/rendimiento.aspx

Scotiabank México. (s.f.). *Volatilidad*. Glosario Financiero. Recuperado el 6 de junio de 2025, de https://www.scotiabank.com.mx/glosario-financiero/volatilidad.aspx

Statology. (2019, marzo 5). *Ljung-Box test: Definition + Example*. https://www.statology.org/ljung-box-test/

Universidad de Chile. (2008). *Series de Tiempo*. Departamento de Ciencias de la Computación. https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/bajar?id_material=296003

Universidad de los Andes. (2023, 21 de septiembre). *Macroeconomía: concepto, importancia y aplicaciones*. Recuperado de https://programas.uniandes.edu.co/blog/macroeconomia

Vinuesa, P. (2015). *Tema 8: Correlación: teoría y práctica*. Centro de Ciencias Genómicas, Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf

World Gold Council. (2024, 31 de enero). *Global gold demand reaches record high value of over US$100 billion*. World Gold Council. https://www.gold.org/news-and-events/press-releases/global-gold-demand-reaches-record-high-value-over-us100-billion

World Gold Council. (s.f.). *Gold demand by country*. Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://www.gold.org/goldhub/data/gold-demand-by-country