



**Modelación no lineal (DLNM) del efecto de factores
macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia de
capitalización bursátil en el mercado de valores para el
periodo 2001 a 2020**

**Brayan Osorio Vanegas
Carolina Ramírez Patiño**

Universidad del Valle, sede Meléndez
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estadística
Cali, Colombia
2022

Modelación no lineal (DLNM) del efecto de factores macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia de capitalización bursátil en el mercado de valores para el periodo 2001 a 2020

**Brayan Osorio Vanegas
Carolina Ramírez Patiño**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Estadístico

Director:
MSc. Orlando Joaqui-Barandica

Codirector:
Ph.D. César Andrés Ojeda Echeverry

Universidad del Valle sede Meléndez
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estadística
Cali, Colombia
2022

Dedicatoria

A mi madre Patricia Vanegas, por brindarme la oportunidad de salir adelante, y por darme todo en mi vida.

Brayan Osorio Vanegas

A mi madre Marysol Patiño Salas, por sus enseñanzas, tenacidad y apoyo incondicional, a mi hermano Sebastián Ramírez Patiño y a mi padre Diego Mauricio Ramírez Belalcázar por su apoyo y acompañamiento.

Carolina Ramírez Patiño

Agradecimientos

A la Universidad del Valle por permitirnos estudiar, aprender y crecer tanto profesionalmente como personalmente, a toda la planta de profesores que hicieron parte de nuestro proceso académico por compartirnos su conocimiento y por su fraternidad, a nuestros compañeros que estuvieron para apoyarnos y acompañarnos a lo largo de estos años.

Agradecemos especialmente a los profesores Orlando Joaqui-Barandica y César Andrés Ojeda Echeverry por su dedicación y compromiso, por su acompañamiento en el desarrollo de este trabajo de grado. Y un agradecimiento especial al profesor Orlando Joaqui-Barandica por impulsarnos y acompañarnos en la participación como ponentes del evento Jornada de Avances en Métodos Estadísticos con este trabajo de grado.

Resumen

Este trabajo propone estudiar los determinantes externos de tipo macroeconómico sobre los mercados financieros. Bajo la hipótesis de mercados eficientes, los precios reflejan toda la información disponible por lo que este trabajo se enfocó en el índice de MSCI Colombia, el cuál mide los segmentos de mediana y alta capitalización en el mercado accionario. La literatura se centra en estudiar los efectos macroeconómicos a nivel de variable sobre el mercado de renta. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico y econométrico se plantea la posible omisión de distintos efectos asociados a variables macroeconómicas que no se consideran en los distintos modelos de la literatura, esto evidencia un posible incremento en el error de las estimaciones lo que puede generar estimaciones sesgadas de los movimientos macroeconómicos sobre los rendimientos en el mercado de valores. Es por esto, que se hace necesario un análisis detallado del impacto del conjunto global de variables macroeconómicas sobre la capitalización bursátil. En este trabajo se plantea la generación de factores latentes macroeconómicos a partir de un gran conjunto de variables mediante el Análisis Espectral Singular (AES) y el Análisis de Componentes Principales (ACP), posteriormente se identifican e interpretan los factores macroeconómicos para determinar los efectos en los términos de intercambio sobre el índice MSCI Colombia. Se emplea una extensa base de datos, compuesta por 154 variables macroeconómicas correspondientes al período 2001-2020, y se estima mediante un modelo Distributed Lag Non-Linear Models (DLNM) el efecto de los choques macroeconómicos. Los resultados sugieren que el primer factor latente está asociado a los costos cambiario y moneda, el cual se relaciona con el ciclo de la economía. El segundo factor se relaciona con los negocios internacionales (importaciones, exportaciones y tasa de cambio), y el tercer y cuarto con precios de consumo y factor con la fuerza laboral respectivamente. Concluimos que los efectos son asimétricos sobre el mercado de renta además de lograr estabilización del choque después del tercer periodo.

Palabras clave: Factores macroeconómicos, Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis Espectral singular (AES), Modelos no lineales de rezagos distribuidos, MSCI Colombia, MSCI COLCAP.

Abstract

This paper proposes to study the external macroeconomic determinants of financial markets. Under the hypothesis of efficient markets, prices reflect all available information, so this paper will focus on the MSCI Colombia index, which measures the large and mid-cap segments of the stock market. The literature focuses on studying the macroeconomic effects at the variable level on the income market. However, from the statistical and econometric point of view, the possible omission of different effects associated with macroeconomic variables that are not considered in the different models of the literature evidences a possible increase in the error of the estimations, which can generate biased estimations of the macroeconomic movements on the yields in the stock market. Therefore, a detailed analysis of the impact of the global set of macroeconomic variables on stock market capitalization is necessary. In this paper we propose the generation of macroeconomic latent factors from a large set of variables, then we identify and interpret the macroeconomic factors to determine the effects on the terms of trade on the MSCI Colombia index. An extensive database of 154 macroeconomic variables for the period 2001-2020 is used, and the effect of macroeconomic shocks is estimated using a DLNM model. The results suggest that the first latent factor is associated with money and finances, which is related to the business cycle. The second factor is related to international business (imports, exports, and exchange rate), and the third and fourth factor is related to the consumer prices and the labor force respectively. We conclude that the effects are asymmetric on the income market in addition to the stabilization of the shock after the third period.

Keywords: Macroeconomic Factors, Principal Component Analysis (PCA), Singular Spectrum Analysis (SSA), Distributed Lag Non-Linear Models (DLNM), MSCI Colombia, MSCI COLCAP.

Declaración

Afirmamos que hemos realizado la presente tesis de manera autónoma y con la única ayuda de los medios permitidos y no diferentes a los mencionados en la propia tesis. Todos los pasajes que se han tomado de manera textual o figurativa de textos publicados y no publicados, los hemos reconocido en el presente trabajo. Ninguna parte del presente trabajo se ha empleado en ningún otro tipo de tesis.

Cali, 31.03.2023



Brayan Osorio Vanegas



Carolina Ramírez Patiño

Contenido

Agradecimientos	iv
Resumen	v
1. Introducción	2
2. Planteamiento del problema	4
2.1. Justificación	8
2.2. Objetivos	9
2.2.1. Objetivo General	9
2.2.2. Objetivos específicos	9
3. Antecedentes	10
4. Marco teórico	13
4.1. Marco conceptual	13
4.1.1. Macroeconomía	13
4.1.2. Índice bursátil	14
4.1.3. Capitalización bursátil	14
4.1.4. Mercado de valores	15
4.1.5. MSCI Colombia	15
4.1.6. MSCI COLCAP	16
4.2. Marco teórico estadístico	16
4.2.1. Análisis Espectral Singular	16
4.2.2. Descomposición	17
4.2.3. Reconstrucción	17
4.3. Análisis de Componente Principales	18
4.3.1. Análisis de Componentes Principales	18
4.3.2. Análisis de la nube de individuos	19
4.3.3. Análisis de la nube de variables	20
4.4. Modelos no lineales de rezagos distribuidos	20
4.4.1. Modelos no lineales de rezagos distribuidos	20
4.4.2. Representación general del modelo	20
4.4.3. Funciones de base	21

4.4.4. Efectos rezagados	21
5. Metodología	23
5.1. Diseño de investigación	23
5.2. Datos	25
5.3. Factores macroeconómicos	28
5.3.1. Caracterización de los grupos de las series	28
5.4. Modelación	28
6. Resultados	30
6.1. Análisis exploratorio	30
6.2. Factores	31
6.3. Modelación	32
6.4. MSCI COLCAP	36
7. Conclusiones y recomendaciones	38
7.1. Conclusiones	38
7.2. Recomendaciones	39
A. Anexo: Factores macroeconómicos con indicadores	40
B. Anexo: Correlaciones de las componentes con las variables para calificar los factores	42
Bibliografía	44

Lista de Figuras

5-1. Diagramas por fases metodológicas	24
5-2. Descomposición de una serie temporal	27
6-1. Índice MSCI Colombia	30
6-2. Valor de las componentes estimadas	31
6-3. Superficie 3d Exposición-Rezago-Respuesta para MSCI Colombia	33
6-4. Contornos de la respuesta del MSCI Colombia ante variaciones en cada factor macroeconómico	35
6-5. Superficie 3d Exposición-Rezago-Respuesta para MSCI COLCAP	36
6-6. Contornos de la respuesta del MSCI COLCAP ante variaciones en cada factor macroeconómico	37
B-1. Cargas de las variables macroeconómicas en el primer y segundo factor de componentes principales	43
B-2. Cargas de las variables macroeconómicas en el tercer y cuarto factor de com- ponentes principales	43

Lista de Tablas

6-1. Grupo de variables por factores	31
6-2. Elección de modelos mediante criterio AIC. Sea ns: B-splines Cúbico Natural, bs: B-splines.	32
A-1. Identificación de factores macroeconómicos.	41

1. Introducción

Con la evolución de la tecnología se han hecho más accesible las inversiones, en donde anteriormente sólo se tenía la opción de hacerlo mediante Sociedades Comisionistas de Bolsa (SCB), ahora el acceso a los mercados de renta variable es más sencillo, debido a que se puede invertir en estos por medio de entidades que funcionan a partir de aplicaciones como Trii y Tyba soportadas por las SCB Acciones y Valores y Credicorp Capital respectivamente, ambas empresas respaldadoras avaladas de acuerdo a la lista general de entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera de Colombia. Además, éstas hacen que se haya disminuido el monto mínimo con el que se puede invertir, pues de acuerdo a Olaya (2022) tanto en Trii donde no se tiene monto mínimo de inversión las tarifas para compra y venta de acciones es a partir de \$10000+IVA COP y en Tyba donde se invierte a partir de \$100000 COP con una tarifa de administración del fondo de inversión entre 1,3 % y 2,0 % Efectivo Anual (E.A.) Por consiguiente actualmente se tiene más facilidad para invertir, también más independencia al tener la autonomía de gestionar el portafolio propio, lo que llevaría a pensar que se tenga más personas interesadas en conocer el pronóstico de un índice bursátil.

Los diferentes agentes del mercado, tanto inversionistas, stakeholders, empresas o gobiernos necesitan estar preparados ante cambios en los mercados para poder anticiparse y tomar decisiones que eviten futuras pérdidas, esto enmarca la necesidad de comprender las diferentes relaciones del mercado con los acontecimientos externos que afecten los índices de precios. Aunque se hacen regularmente estudios para actualizar y ampliar esta información, tanto con diversas metodologías como en diferentes países y sobre distintos índices, aún se tienen modelos poco probados en esta área, como lo son los modelos no lineales de rezagos distribuidos (DLNM por sus siglas en inglés: Distributed Lag Non-Linear Models) el cuál se implementa en este trabajo, usado en su mayoría en proyectos de salud y contaminación y poco en economía. Además, en la mayoría de trabajos no se modela el efecto de factores macroeconómicos sino de variables macroeconómicas, en el presente es el efecto de los factores macroeconómicos que puede ser más preciso al agrupar las variables con correlación mediante el Análisis Espectral Singular (AES, o bien SSA por sus siglas en inglés: Singular Spectrum Analysis) y el Análisis de Componentes Principales (ACP).

A continuación, se estudia este modelo sobre el índice MSCI Colombia propio de MSCI Inc., en un periodo de 2001 a 2020, en donde se hacen evidentes las crisis macroeconómicas como la crisis financiera de 2007 y 2008 relacionada con el colapso de la burbuja inmobiliaria de los

Estados Unidos en 2006 causante de la crisis de las hipotecas subprime y la crisis ocasionada en sus inicios, para el año 2020, por la pandemia de COVID-19 consecuente de una drástica contracción en la economía mundial.

Recientemente, el 28 de mayo de 2021 la BVC y MSCI Inc. lanzaron en conjunto el índice MSCI COLCAP, el cuál tiene una metodología también basada en MSCI Methodology (como para MSCI Colombia) por lo que este trabajo abre una posibilidad tanto de implementación como de comparación y se puede desarrollar en un futuro el modelo DLNM sobre este índice. Además, con la importancia de conocer el efecto que tiene la intensificación de la guerra ruso ucraniana respecto a los demás países, en este caso con Colombia y la recesión económica global que se espera para el 2023 sobre las variables macroeconómicas, en factores y su efecto sobre el índice.

En el presente trabajo de grado se realiza la modelación no lineal del efecto de los factores macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia para el periodo 2001 a 2020, adicionalmente se creó la base de datos de las variables macroeconómicas para el periodo a través de Refinitiv y se hace una pequeña comparación con el índice MSCI COLCAP que en su histórico lleva consigo los registros del índice COLCAP.

2. Planteamiento del problema

Los mercados financieros permiten una asignación eficiente de recursos a través del tiempo. Un tipo de mercado financiero es el mercado accionario en dónde se compran y venden acciones de entidades que cotizan en la bolsa de valores. En Colombia el operador líder de este mercado es la BVC creada en el 2001, en esta existen cuatro mercados de operación: mercado de divisas, derivados, renta fija y renta variable, en este último se encuentra el Índice Accionario de Capitalización COLCAP creado por la BVC y empleado desde el 2008, reemplazó el Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC). El COLCAP se encarga de medir las variaciones de los precios de los 20 emisores y 25 acciones más líquidas del mercado, ha sido estudiado y analizado con antelación por Acevedo et al. (2016) y Ceballos et al. (2017), fue sucedido y reemplazado en mayo 28 del 2021 por el índice MSCI COLCAP, creado en conjunto por la firma global MSCI Inc. (anteriormente Morgan Stanley) un ponderador estadounidense de, entre tantos, índices de mercados de valores y la BVC con el fin de proporcionar un aumento en la confianza del mercado de valores en Colombia para inversionistas. Esto atrae también a inversionistas internacionales dado que MSCI Inc. son pioneros en la construcción de índices y se mantienen actualizados en el uso de modelos que les permite tener una alta credibilidad en el mercado y serán los encargados de construir, calcular y realizar el mantenimiento al índice. Según Bolsa de Valores de Colombia (BVC) (10 de noviembre de 2021) se compone de los 20 emisores y las 25 acciones más líquidas del mercado. Uno de los cambios que se realizaron con esta modificación, de acuerdo a Hurtado and Ospina (2021), en el índice COLCAP ninguna acción podía tener una participación por encima del 20 %, si no, el porcentaje sobrante se repartiría por igual a los demás títulos, mientras que el índice MSCI COLCAP no considera límite en la participación.

Otro índice es el MSCI Colombia, el cual fue lanzado por la compañía MSCI Inc. en enero 1 de 2001 que mide el desempeño de los segmentos de alta y mediana capitalización del mercado accionario colombiano. Tanto este índice MSCI Colombia como el nuevo MSCI COLCAP se basan en la metodología MSCI Global Investable Market Indexes¹ (GIMI), puesto que esto permite visiones y comparaciones significativas entre los índices a nivel global en todos

¹Metodología de los índices MSCI Global Investable Market Indexes: Definición del Universo de Renta Variable para cada Mercado. Determinación del Universo de Renta Variable Invertible de Mercado para cada Mercado. Determinación de los segmentos de tamaño de capitalización de mercado para cada Mercado. Aplicación de las Reglas de Continuidad del Índice para el Índice Estándar. Clasificación de valores bajo el Estándar de Clasificación de la Industria Global (GICS®). Ver

los tamaños de capitalización del mercado. Además el índice MSCI Colombia ha sido poco estudiado en comparación al MSCI COLCAP (el cuál adquirió la información histórica, anterior a la fecha de lanzamiento, del COLCAP), esto hace que realizar este estudio sobre el índice MSCI Colombia tenga relevancia e importancia para que los inversionistas nacionales e internacionales puedan tomar decisiones de inversión tanto para el MSCI Colombia como para el nuevo MSCI COLCAP. El presente trabajo se enfoca principalmente en el índice MSCI Colombia, puesto que es un índice reconocido internacionalmente del ponderador MSCI Inc., con un recorrido histórico desde el 2001 a la actualidad, que ofrece un amplio rango de tiempo y que puede ilustrar incluso el comportamiento en crisis pasadas, y se ha mantenido con condiciones similares a lo largo del tiempo, sin tener modificaciones bruscas. Este estudio da una idea inicial de la metodología que se puede aplicar al reciente MSCI COLCAP debido a que un objetivo del trabajo está dedicado a este nuevo índice. Sería de mucha utilidad una investigación con el comportamiento más actualizado para el MSCI COLCAP el cual va a estar afectado por la guerra entre Rusia y Ucrania, los efectos consecuentes del COVID-19 y la posible recesión económica global.

Estos índices están representados con un número, el cual corresponde al registro estadístico de rentabilidad promedio de las acciones que lo componen, ilustrando la actividad de las empresas en el mercado accionario. Además, visualizan los cambios en el valor de las acciones y son útiles para que los inversionistas puedan tener un punto de referencia y tomar sus decisiones sobre dónde es conveniente invertir al identificar en el tiempo si ese índice aumenta con respecto a la fecha de partida, lo que implicaría ganancias. Teniendo en cuenta que en este pueden influir factores internos como la situación económica de la compañía y todos los aspectos que puedan influenciar en ella como las decisiones internas, polémicas públicas, la modificación de los altos cargos, el desarrollo o eliminación de productos o servicios, la gestión ante una crisis económica, entre otros, que pueden afectar el rumbo y la rentabilidad de las empresas y por consiguiente alterar las acciones en el índice bursátil que las contiene. Además, se puede tener influencia de factores externos sobre los índices, es decir sobre el mercado accionario, como lo son las variables macroeconómicas Tasa Representativa de Mercado (TRM), la Tasa para Depósitos a Término Fijo (DTF), el precio del petróleo, la tasa de desempleo, la tasa de interés, el precio del dólar, sucesos a nivel nacional e internacional, entre otras, como en el caso de las variables macroeconómicas sobre el índice COLCAP estudiado por España (2021) donde se concluye que el Producto Interno Bruto (PIB) tiene una relación positiva, la TRM y la Tasa de Interés de Intervención (TII) del Banco de la República tienen relación negativa sobre el índice COLCAP para el periodo 2015 a 2019 o también sobre el índice IGBC por Castro and Romero (2015) donde el PIB tiene relación positiva, la Tasa de Interés Interna de Colocación (TIICOL) y la Tasa de Cambio Nominal (TCN) tienen relación inversa para el periodo 2003 a 2012. Por lo tanto, el mercado bursátil puede estar influenciado positiva o negativamente por variables microeconómicas y macroeconómicas como lo menciona Castro and Romero (2015) la liquidez y la rentabilidad de la

capitalización de las empresas cotizantes, las variables PIB, las tasas de interés, la inflación y la tasa de cambio, incluso también por factores externos asociados a las políticas implementadas por el país, las condiciones estructurales internas y los acontecimientos internacionales.

En la literatura, los estudios o investigaciones hacen referencia principalmente a las variables macroeconómicas frente al rendimiento de los mercados en general. Esto se puede observar en estudios como:

Chen et al. (1986) sostienen que las variables económicas generan consecuencias en los rendimientos del mercado de renta. También destaca una robustez del modelo a Arbitrage Pricing Theory (APT) propuesto por Ross en 1976 donde se genera una fuerte relación entre la rentabilidad de las acciones, la tasa de interés; a corto y largo plazo, tasa de inflación, crecimiento de la producción industrial. Se puede observar esta relación en diferentes mercados accionarios, como en el caso del mercado japonés donde Hamao (1988) encontró consistencia con Chen et al. (1986) en las mismas variables exceptuando la producción industrial el cual parece ser insignificante. Rapach et al. (2005) estudiaron el comportamiento de las variables inflación, gasto agregado, oferta de dinero sobre los precios de títulos valores en Estados Unidos a través de un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR). En el que se encontró que la inflación tiene una correlación negativa en relación a los rendimientos de los títulos valores. Así mismo, para un estudio que explica el desarrollo del mercado de valores de Estados Unidos en el periodo 1992 a 2012, Martin (2012) afirma que la inflación tiene relación negativa con el precio de las acciones y que otra variable macroeconómica considerada significativa es la oferta monetaria.

En el caso latinoamericano, Abugri (2008) también estudia el rendimiento de las acciones y las variables macroeconómicas en mercados como Argentina, Brasil, Chile y México, usando variables como: tasa de cambio, tasa de interés como la rentabilidad de los bonos del Tesoro de Estados Unidos. En este caso, a diferencia de las referencias anteriores se presenta la relación de variable exógena, rentabilidad de bonos del tesoro de Estados Unidos frente a la rentabilidad de los cuatro países latinos de estudio. Entre los años 2003 a 2010, Agudelo and Gutiérrez (2011) concluyen que los mercados accionarios de Chile y Colombia se ven afectados por la tasa de interés y el de México es afectado por la inflación, y estos tres mercados se ven afectados por el desempleo. Acevedo et al. (2014) presenta un análisis de posibles variables macroeconómicas que pueden afectar el mercado de renta en Colombia. Usaron como variables el PIB Colombia, tasa de inflación de Colombia, tasa de desempleo de Colombia, PIB Estados Unidos, tasa de inflación de Estados Unidos, tasa de desempleo de Estados Unidos. Donde se afirma que se encontró una relación importante entre el mercado de renta de Colombia y el PIB de Estados Unidos. Además Acevedo et al. (2016), concluyen que bajo el índice accionario COLCAP la variable local más significativa es la producción real del país, pues tiene una relación directamente proporcional, la tasa de intervención del

Banco de la República afecta pero de manera negativa, también lo hacen la tasa estipulada por la Reserva Federal de Estados Unidos y el tipo de cambio dólar/peso.

Se puede observar que en la literatura anteriormente expuesta, se estudian los efectos macroeconómicos a nivel de variable sobre el mercado de renta variable o también llamado mercado accionario. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico y econométrico se plantea la posible omisión de distintos efectos asociados a variables macroeconómicas que no se consideran en los distintos modelos en la literatura, como lo es la correlación entre estas, lo cual evidencia un posible incremento en el error de las estimaciones y puede generar estimaciones sesgadas de los movimientos macroeconómicos sobre los rendimientos en el mercado de valores colombiano. Es por esto, que la evaluación de variables proxy macroeconómicas de manera individual, no logran capturar el efecto general de los llamados factores macroeconómicos.

Poon and Taylor (1991) argumentan que los resultados de Chen et al. (1986) pueden ser ejemplo de una regresión espuria, dos variables generan alta correlación entre ellas. Aun así, esa relación se debe a una variable no considerada. Bernanke et al. (2005) propusieron una metodología que logre solucionar el problema encontrado por Poon and Taylor (1991). La metodología de Bernanke et al. (2005) es el método Factor Augmented VAR (FAVAR). El cual toma los vectores autorregresivos y los combina con los modelos factoriales dinámicos. La ventaja del FAVAR es el uso de un número grande de variables macroeconómicas, este modelo reduce los sesgos de las variables omitidas. Oviedo-Gómez and Sierra (2019) implementa un modelo FAVAR a una gran base de datos, compuesta por 129 variables. Este análisis de funciones impulso-respuesta de la producción, balanza comercial, inversión, consumo, tipo de cambio real e inflación, entre otras series macroeconómicas de interés, en Colombia donde se observa que una relación positiva produce un auge en la actividad económica. Caso similar se observa en McCracken and Ng (2020), donde crearon una gran base de datos, la cual les permitió la creación de grandes factores macroeconómicos útiles para el estudio del ciclo económico. Así mismo, establecieron como punto de partida para el análisis empírico que se requieran macrodatos, se formaron 6 factores principales: Nipa, producción industrial, empleo y desempleo, alojamiento, inventarios y precios.

De esta manera, se plantea la hipótesis de que existen factores macroeconómicos que afectan el mercado de renta variable en Colombia. Formar esta hipótesis requiere de trabajo previo, como se expone anteriormente, es necesario identificar cómo las variables macroeconómicas se ven relacionadas entre ellas, esta relación será expresada en la figura de factores macroeconómicas.

2.1. Justificación

Este trabajo de investigación se inspira inicialmente en McCracken and Ng (2020), en el cual, los autores conforman una gran base de datos macroeconómica con el fin de generar un punto de partida para un gran número de análisis empíricos sobre el mercado accionario estadounidense. La primera parte del trabajo busca generar una base de datos similar al caso de McCracken and Ng (2020) para Colombia, con el fin de facilitar información para análisis macroeconómicos en el mercado accionario colombiano.

Dada la clara relación entre variables externas de tipo macroeconómico y el mercado financiero, siguiendo el enfoque planteado en este trabajo es necesario identificar los factores macroeconómicos² que subyacen al mercado financiero y tienen efecto sobre este. Trabajos como el de Bernanke et al. (2005), Bai and Ng (2021), Stock and Watson (2016) quienes identifican también factores macroeconómicos, en el caso de Estados Unidos, en dónde realizaron un modelo de factores, el cual permite la estimación y predicción de los índices macroeconómicos. La finalidad de identificar estos factores macroeconómicos tiene el objetivo de modelar el mayor número de variables posibles, permitiendo así no afectar el supuesto de parsimonia e incluir todos los movimientos de la economía. Este trabajo se justifica metodológicamente precisamente en el aporte que se realiza a la teoría económica y econométrica en dónde se logran capturar todos los movimientos macroeconómicos para ser modelados sobre el mercado de renta variable en Colombia.

En la literatura se han desarrollado diversas investigaciones que tratan la relación de variables macroeconómicas y el mercado de acciones. Estos trabajos se han consolidado fuertemente en índices como el IGBC y COLCAP³. Escobar and González (2016) presentan las ventajas de COLCAP, cuenta con diversidad de acciones, se enfrenta a la volatilidad ante los factores de riesgo existentes en el mercado bursátil y conserva un bajo riesgo propio en las acciones.

En este trabajo, se modelará sobre el índice MSCI Colombia, puesto que el nuevo índice MSCI COLCAP fue el más recientemente lanzado y estos cuentan con una gran relación al ser creados por MSCI Inc. Además el MSCI Colombia tiene una información histórica mayor. Por lo tanto, una justificación conceptual de la tesis es dejar una base sólida a futuros trabajos que utilicen este nuevo índice, porque pertenecen a la firma MSCI Inc. y se basan en la misma metodología MSCI GIMI.

²conjunto de variables que presentan una característica similar entre ellas y que resumen constructos latentes de la teoría económica.

³El índice IGBC era el índice bursátil más representativo de Colombia, entre junio del 2006 a noviembre del 2013, fue creado por la BVC, y posteriormente reemplazado por el índice COLCAP en noviembre del 2013 también creado por la BVC, dado que la metodología implementada no arrojaba valores atractivos para los inversionistas

La justificación desde el punto de vista estadístico obedece al análisis de las no linealidades presentadas por los efectos macroeconómicos, en dónde se utilizan modelos novedosos en el área, como los modelos DLNM, y además, es necesario la correcta estimación de factores a través de series de tiempo en dónde se propone la metodología de AES. Todo lo anterior potencia el desarrollo de este trabajo, en donde de manera general, se deja abierta la posibilidad de estudiar el comportamiento del modelo estimado en índices estudiados como lo es el índice COLCAP y el índice MSCI COLCAP, recientemente implementado en Colombia. Esto con el fin de observar los movimientos en el mercado de acciones frente a choques macroeconómicos.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de factores macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia de capitalización bursátil en el mercado de valores en el periodo 2001 a 2020.

2.2.2. Objetivos específicos

1. Construir una base de datos macroeconómica para el análisis empírico financiero en Colombia.
2. Identificar factores latentes a partir de un conjunto de variables macroeconómicas.
3. Evaluar la relación de los factores macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia de capitalización bursátil.
4. Comparar la respuesta del índice MSCI Colombia e índice MSCI COLCAP respecto a choques macroeconómicos.

3. Antecedentes

En esta sección se aborda inicialmente un recorrido por la literatura acerca del uso de variables macroeconómicas con el fin de modelar el mercado de renta. Seguido a ello, se abordan diferentes aplicaciones del SSA y del modelo DLNM, con el fin de contrastar la semejanza al aspecto económico.

Acevedo et al. (2016) expone extensamente una compilación bibliográfica de las variables macroeconómicas que más destacan para modelar el índice COLCAP. Al encontrarse con un gran número de variables, se crea la necesidad de referenciar cuales de ellas son las más representativas para modelar el mercado de valores. En el caso de Estados Unidos, Bernanke et al. (2005) tomaron la base de datos de DRI/McGraw Hill Basic Economics Database y McCracken and Ng (2016) crean una base de datos de frecuencia mensual cuyo objetivo es establecer un punto de partida conveniente para el análisis empírico que requiere grandes datos siendo de actualización mensual, acceso público y confiables, ambos con formato del conjunto de datos de Stock Watson. Cuatro años después, McCracken and Ng (2020) crearon otra base de datos, con el mismo objetivo pero de frecuencia trimestral. En Canadá, Fortin-Gagnon et al. (2018) formaron bases de datos de gran volumen para analizar los efectos macroeconómicos, donde los autores expresan sus principales características, la estructura factorial explica una parte considerable de la variación del conjunto de datos y aparece como un medio adecuado de reducción de dimensiones, el conjunto de datos es útil para capturar los puntos de inflexión del ciclo económico canadiense, tiene un poder predictivo sustancial al pronosticar indicadores macroeconómicos clave y se utiliza para estudiar la eficacia de la política monetaria en regiones y sectores. En Colombia, Oviedo-Gómez (2017) conformó una gran base de datos, trimestral para el periodo 2001 y 2016, donde se observa un buen comportamiento de las diferentes variables; abarca el auge de precios de materias primas (2002) y su estabilidad del mismo (2008).

En relación a las bases de datos, la literatura ha evidenciado un gran número de métodos para determinar la cantidad de factores necesarios; Bai and Ng (2002) minimizan por medio de los criterios de información, Onatski (2010) se basa en la distribución de los valores propios, Hallin (2007) y Amengual and Watson (2007) desarrollaron tests de factores dinámicos y para Colombia, Oviedo-Gómez (2017) se basa en las funciones de penalización propuestas por Bai and Ng (2002) el cual propone 7 factores para explicar el comportamiento de la economía colombiana.

El índice MSCI Colombia ha sido estudiado con antelación, mayormente siendo comparado con índices de otros países como con el MSCI World por Ruiz (2017), donde analiza las variaciones de los precios de los títulos de valor que cotizan en el mercado bursátil de Colombia y su comportamiento con respecto al resto del mundo, Joaqui-Barandica (2017) estudiando el efecto de las variaciones de la Tasa de Interés Mundial (TIM) sobre los índices de precios MSCI de las acciones de economías emergentes como las de Colombia, Indonesia, Turquía, Egipto y Sudáfrica, Agudelo et al. (2017) quienes probaron la transmisión de volatilidad entre Estados Unidos y los seis mayores mercados de acciones de América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú) que utilizan modelos Mgarch-Bekk en la frecuencia diaria, y para el caso de américa latina, Kyaw et al. (2006) analizando las características de persistencia de los mercados financieros latinoamericanos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela).

Para obtener los factores macroeconómicos a partir de las variables macroeconómicas de Colombia se hace uso del SSA, una técnica que ha surgido en los últimos 20 años para analizar series de tiempo ampliamente aplicada, que aunque su origen se dio en las ciencias naturales se ha implementado en economía y finanzas como de Carvalho and Rua (2017), Bógalo et al. (2021), Coussin (2022), de Carvalho et al. (2012), Hassani and Thomakos (2010), Rodrigues et al. (2020) y Hassani et al. (2019) donde muestran el uso y el potencial del SSA sobre otros métodos actuales para las series temporales económicas y financieras. También en integración con redes neuronales como en Fathi et al. (2021), Jiang et al. (2021) y Fathi et al. (2022), como se observa, es una herramienta que ha tomado fuerza en los últimos 10 años con aplicaciones en temas muy diversos.

Para medir el comportamiento del índice MSCI Colombia, se usará el DLNM. Una representación de este modelo se puede observar en Gasparrini et al. (2010), donde los autores representan la notación algebraica de DLNM bajo la definición de forma cruzada, así mismo su interpretación y una aplicación para investigar el efecto de la temperatura en la mortalidad en Nueva York entre los años 1987 y 2000 que brinda cierta evidencia para el potencial del modelo para resaltar dependencias complejas de los factores ambientales, lo que no se vería en gran medida al usar modelos más simples. Este modelo ha sido principalmente implementado en estudios ambientales y su implicación en la calidad de vida del ser humano, como en Guo et al. (2014), utilizado para estimar y agrupar la relación no lineal y retardada entre temperatura ambiente y mortalidad para un estudio en 12 países/regiones sin enfatizar en su desarrollo o patrones climáticos, así como, Guo et al. (2011) lo utilizan para predecir los efectos y los errores estándar para combinaciones de temperatura y retrasos en su caso de estudio para Tianjin, China. Recientemente Islam et al. (2021) emplearon el modelo de DLNM basado en el retraso de Quasi-Poisson en Bangladesh para identificar los efectos no lineales de los indicadores meteorológicos (Maxt, Mint, DT, WS, RH y AH) en los casos

confirmados de COVID-19, en América, específicamente en Estados Unidos, Gronlund et al. (2014) aplicaron el modelo para estudiar si hay algún efecto de las olas de calor para los ingresos hospitalarios cardiovasculares y respiratorios entre los ancianos. Por otro lado, en el área de las finanzas, Joaqui-Barandica (2017) implementó la metodología del modelo DLNM, el cual le permitió analizar los efectos sobre los índices de precios ante variaciones en la TIM y en los rezagos.

4. Marco teórico

Este capítulo resume los conceptos y las teorías más importantes para desarrollar metodologías, comprender los resultados y las conclusiones obtenidas en el proyecto. Este marco teórico se divide en dos partes; en la primera parte se desarrolla un marco conceptual que brinda definiciones que aluden a la terminología económica del mercado accionario de Colombia. En la segunda parte, se muestra un marco teórico estadístico donde se describen las métricas del análisis espectral singular, se explican el análisis de componentes principales y el modelo no lineal de rezagos distribuidos (DLNM).

4.1. Marco conceptual

En esta sección se abarcan los conceptos generales mediante una revisión bibliográfica para facilitar la comprensión del componente económico seguido de una definición dada. Los conceptos a profundizar son: macroeconomía, índice, capitalización bursátil, mercado de valores.

4.1.1. Macroeconomía

Según Jimenez (1999), la macroeconomía es una rama de la teoría económica que estudia el comportamiento de la economía como un todo. La Macroeconomía estudia el comportamiento de la economía en su conjunto a partir del examen de la evolución de variables económicas agregadas, como el producto, el consumo, la inversión, el nivel general de precios, el empleo, etc. y de sus relaciones, así como los efectos de las políticas gubernamentales sobre estas variables. (p. 3)

Por otro lado, Palomino (2017) menciona que la macroeconomía estudia el funcionamiento global de una economía como un todo, sin hacer hincapié en el comportamiento específico de distintos sectores o agentes en cada mercado por separado. Es decir, el objeto principal de la macroeconomía es explicar la evolución de los agregados económicos, como el producto interior bruto, el nivel general de precios o la tasa de desempleo. Estos agregados son el resultado de agrupar los comportamientos de distintos agentes individuales en diferentes mercados. (p. 96)

Desde el enfoque del banco central de Estados Unidos de América, el Sistema de la Reserva Federal FED (2022) macroeconomía es el estudio de economías completas, la parte de la economía que se ocupa de los factores económicos generales o de gran escala y cómo interactúan en las economías.

Desde un enfoque de diccionario, la Real Academia Española RAE (2022a) la define como el estudio de los sistemas económicos de una nación, región, etc., como un conjunto, empleando magnitudes colectivas o globales, como la renta nacional, las inversiones, exportaciones e importaciones, etc.

Por consiguiente, se define macroeconomía como rama de la economía en la que se estudia el comportamiento de la economía en conjunto sin tener en cuenta las actividades individuales.

4.1.2. Índice bursátil

Figuerola and Gualdron (2014) expresan que los índices bursátiles son aquellos números índices que reflejan la evolución en el tiempo de los precios de los títulos cotizados en un mercado. La muestra de activos que componen el índice refieren a ciertos criterios de elección, que en general tienen que ver con el volumen negociado y la capitalización bursátil. (p. 125)

Sierra (2012) describe un índice bursátil como un indicador de la evolución de un mercado en función del comportamiento de las cotizaciones de los títulos más representativos. Se compone de un conjunto de instrumentos, acciones o deuda, y busca capturar las características y los movimientos de valor de los activos que lo componen. (p. 6)

Por lo tanto, se define índice bursátil como un número que muestra el desarrollo de los títulos de un determinado mercado en el tiempo.

4.1.3. Capitalización bursátil

Desde una perspectiva de inversión en la bolsa, la Bolsa de Valores de El Salvador (2022) define la capitalización bursátil como el valor total de la bolsa en un momento dado. El cálculo es la multiplicación de la cotización de cada empresa por acción por el número de acciones de la empresa. La capitalización total de la bolsa es la suma de las cotizaciones por el número de acciones de todas las empresas listadas en bolsa. La serie publicada es el valor total de la bolsa al cierre del mes.

Por otro lado, desde el enfoque empresarial, Guihur (2016) corresponde al valor total del patrimonio de una empresa, según el precio al que se cotizan sus acciones. Es el valor de las empresas a precios de mercado. (p. 12)

La Real Academia Española RAE (2022b) lo describe como establecimiento del valor neto del activo, según sea la cotización de las acciones de una sociedad.

Se define capitalización bursátil al valor total de la bolsa o una empresa en un tiempo definido.

4.1.4. Mercado de valores

El Ministerio de Economía y Finanzas MEF (2022) describe el mercado de valores como un mecanismo en el que concurren los ciudadanos y empresas para invertir en valores que le produzcan eventualmente una ganancia o para captar recursos financieros de aquellos que lo tienen disponible. A quienes concurren a captar recursos se les denomina emisores y a quienes cuentan con recursos disponibles para financiar se les denomina inversores.

La Universidad Técnica Particular de Loja Universidad Técnica Particular de Loja (2022) define el mercado de valores como una de las fuentes más importantes para que las empresas puedan recaudar dinero toda vez que se asegura la fuente de financiamiento, a través de la capitalización de recursos financieros.

El principal objetivo del mercado de valores es el de ayudar al movimiento de capitales, contribuyendo de esta forma en la estabilidad monetaria y financiera. Es así como el uso democrático de los mercados de valores impulsa el desarrollo de políticas monetarias más activas y seguras.

El mercado de valores es el que canaliza los recursos financieros hacia las actividades productivas a través de la negociación de valores y constituye una fuente directa de financiamiento y una interesante opción de rentabilidad para los inversionistas.

La Real Academia Española RAE (2022c) lo define como espacio físico o virtual en el que, al confluir las órdenes de compra y venta de valores mobiliarios o de negociación de instrumentos financieros, se forman los precios correspondientes a sus adquisiciones o enajenaciones.

Finalmente se describe el Mercado de Valores como el espacio en que los inversionistas y empresas ocupan el dinero en valores para que ocasionalmente produzca una ganancia, siendo una de las principales fuentes en las que las empresas recaudan dinero.

4.1.5. MSCI Colombia

El índice MSCI Colombia está diseñado para medir el rendimiento de los segmentos de mediana y gran capitalización del mercado colombiano. Con 4 componentes, el índice cubre aproximadamente el 85 % del universo accionario colombiano. Se lanzó el 1 de enero de 2001.

Los datos anteriores a la fecha de lanzamiento son pruebas retrospectivas (es decir, cálculos de cómo se habría comportado el índice durante ese período de tiempo si hubiera existido). Con frecuencia existen diferencias importantes entre el rendimiento probado y los resultados reales. El rendimiento pasado, ya sea real o retrospectivo, no es indicación ni garantía del rendimiento futuro (MSCI Inc., 15 de noviembre de 2022a).

4.1.6. MSCI COLCAP

El índice MSCI COLCAP, creado conjuntamente por MSCI y la Bolsa de Valores de Colombia (bvc), está diseñado para representar el desempeño del mercado de valores colombiano y tiene como objetivo incluir un mínimo de 25 valores y 20 emisores en función del capital flotante ajustado. criterios de capitalización de mercado, liquidez e invertibilidad internacional. Coincidiendo con la revisión del índice de mayo de 2021 de MSCI, el índice se lanzará y reemplazará al índice bvc COLCAP a partir del 28 de mayo de 2021 (MSCI Inc., 15 de noviembre de 2022b).

4.2. Marco teórico estadístico

4.2.1. Análisis Espectral Singular

Golyandina and Usevich (2010) definen el Análisis Espectral Singular (AES) busca la obtención de la estructura de una serie. Bajo este supuesto, cualquier serie que consideremos puede representarse como la suma de una señal, que a su vez se compone de una tendencia y de oscilaciones, y adicionalmente el ruido. Con ello, el fin del Análisis Espectral Singular Aplicado (ASSA, por sus siglas en inglés Applied Singular Spectrum Analysis) es obtener la estructura completa de la señal, es decir extraer su tendencia, si la hay, para encontrar sus componentes estacionales y otras periodicidades, y así sucesivamente. Además, los residuos deben identificarse como el componente de ruido. Por lo tanto, se debe cuidar tanto la señal como el ruido. La descomposición de la señal en componentes depende, entre otras cosas, del interpretabilidad de estos componentes.

En cuanto a la serie residual, se debe asegurar que no contenga partes de la señal. Si se puede suponer que el ruido es estocástico, entonces varios estadísticos se pueden aplicar procedimientos para comprobar la aleatoriedad de los residuos. Debido a su simplicidad, el modelo más utilizado del ruido es el modelo de ruido blanco estocástico. Desde el punto de vista práctico, suele ser suficiente con asegurarse de que la serie residual no tiene una estructura evidente (de Carvalho et al., 2012).

La metodología SSA se caracteriza por tener 2 momentos en su desarrollo: Descomposición y reconstrucción.

4.2.2. Descomposición

Incrustación

En una serie unidimensional se representa como una serie multidimensional cuya dimensión se llama la longitud de la ventana. La serie temporal multidimensional, una secuencia de vectores, forma la matriz de la trayectoria. Por tanto, el parámetro de este paso es la longitud de la ventana.

El concepto principal en este paso es la matriz de trayectoria, es decir, una secuencia de vectores retardada de la serie original $y = [y_1 \dots y_n]'$, que es definida como:

Sea L un número entero, longitud de la ventana, $1 < L < N$. El procedimiento de incrustación forma $K = N - L + 1$ vectores retardados (Golyandina and Korobeynikov, 2014).

$$\begin{pmatrix} y_1 & y_2 & \cdots & y_k \\ y_2 & y_3 & \cdots & y_{k+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_l & y_{l+1} & \cdots & y_{l+(k-1)} \end{pmatrix}$$

Descomposición del valor singular

La descomposición del valor singular de la trayectoria matriz en una suma de matrices bi-ortogonales de rango una. Estos dos primeros pasos juntos se consideran como la etapa de descomposición de la SSA básica.

A partir de un eigenanálisis de YY' recogemos los valores propios $\alpha_1 \geq \dots \geq \alpha_d$, donde $d = \text{rank}(YY')$, y la correspondiente izquierda y los vectores singulares de la derecha, denotados respectivamente por w_i y v_i . Mediante la descomposición realizada en este paso podemos aproximar Y a través de:

$$Y \approx \sum_{i=1}^d \sqrt{\alpha_i} w_i v_i' \quad (4-1)$$

eigentriples valores singulares $(\sqrt{\alpha_i}, w_i, v_i)$.

4.2.3. Reconstrucción

Adicionalmente Golyandina and Korobeynikov (2014) definen el segundo paso, reconstrucción, por medio de dos secciones: agrupación y promedio diagonal.

Agrupación

El paso de agrupación corresponde para dividir las matrices, calculadas en el paso descomposición del valor singular, en varios grupos y sumando las matrices dentro de cada grupo. El resultado del paso es una representación de la matriz de trayectoria como una suma de varias matrices resultantes.

En este paso seleccionamos los primeros m eigentriples principales asociados a la señal y excluimos el resto $(d - m)$ asociado a la ruid. Así, realizamos una selección adecuada de m , para desentrañar Y en:

$$Y = \sum_{i=1}^m \sqrt{\alpha_i} w_i v'_1 + \epsilon \quad (4-2)$$

Donde ϵ denota un término de error, y los sumandos restantes representa la señal. Esto se suele hacer mediante el reajuste de métodos de selección del número de componentes principales.

Promedio diagonal

El promedio diagonal transfiere cada matriz resultante a una serie de tiempo, que es una Componente aditivo de la serie inicial. Se llama a la operación correspondiente promedio diagonal. Es una operación lineal y mapea la matriz de trayectoria de la Serie inicial en la serie inicial en sí. De esta manera obtenemos una descomposición de la serie inicial en varios componentes aditivos. La idea central de este paso es la reconstrucción de la componente determinista de la serie. Aquí invertimos el proceso hecho hasta ahora, volviendo a una variante reconstruida de la trayectoria y, por tanto, el componente determinista de la serie.

$$Y = \bar{D} \left(\sum_{iel} \sqrt{\alpha_i} w_i v'_1 \right) \quad (4-3)$$

4.3. Análisis de Componente Principales

4.3.1. Análisis de Componentes Principales

EL Análisis de Componentes Principales (ACP) presentado inicialmente por Karl Pearson en 1901, donde posteriormente Hotelling en 1933 integra la estadística matemática, el cual planteó análisis de componentes principales con el fin de estudiar la relación entre las variables y las observaciones al mismo tiempo (Lebart and Piron, 1995).

El ACP se puede considerar como una de las herramientas mas utilizadas en los análisis multivariados para representar los datos de manera óptima bajo criterios matemáticos y geométricos. Para su construcción $M_{n \times p}$, donde m es una matriz con n número de observaciones y p número de variables.

Sea $X = [X_1, \dots, X_p]$ una matriz de datos multivariantes, en donde las filas representan los individuos y las columnas las p variables continuas analizadas. Las componentes principales son unas variables compuestas incorrelacionadas ($q < p$) tales que unas pocas explican la mayor parte de la variabilidad de X .

Lebart and Piron (1995) denomina componentes principales φ .

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= u_{11}X_1 + u_{21}X_2 \dots u_{p1}X_p \\ \varphi_2 &= u_{12}X_1 + u_{22}X_2 \dots u_{p2}X_p \\ &\vdots \\ \varphi_q &= u_{1q}X_1 + u_{2q}X_2 \dots u_{pq}X_p\end{aligned}$$

Las q componentes se obtienen a través de combinaciones lineales del conjunto de variables originales y se ordenan de acuerdo al nivel de varianza explicada que contenga. Por tanto, la primer componente explica el mayor porcentaje de variabilidad en todas las componentes.

4.3.2. Análisis de la nube de individuos

De manera gráfica se puede interpretar a los individuos de una base de datos, proyectando en un plano factorial. Sin embargo, para analizar la relación de los individuos con las Componentes Principales, se debe implementar una estrategia. La cual, ser encontrar un subespacio de una dimensión H que logre maximizarlas proyecciones de la suma de cuadrados de las distancias de todos los pares de individuos (i, i') (Lebart and Piron, 1995).

$$Max_H \left\{ \sum_i^n \sum_i^n d^2(i, i') \right\} \quad (4-4)$$

Equivalente a maximizar la suma de cuadrados de la distancia entre la observación i respecto al centro de gravedad G del plano (Lebart and Piron, 1995).

$$Max_H \left\{ \sum_i^n d^2(i, G) \right\} \quad (4-5)$$

La distancia euclidiana es una de las distancias mas utilizadas debido a que puede ocurrir que en la base de datos se encuentre variables con diferente escala de medición. La distancia euclidiana permite corregir la escala, por medio de la estandarización de las variables j (Lebart and Piron, 1995).

$$d^2(i, i') = \sum_{j=1}^n \left(\frac{x_i^2 - x_{i'}^2}{s_j \sqrt{n}} \right)^2 \quad (4-6)$$

Donde S_j es la desviación estándar de la variable j .

4.3.3. Análisis de la nube de variables

El análisis de las variables se realiza en relación al punto de origen O del plano, es decir que la distancia es 1 entre las variables y el origen (Lebart and Piron, 1995).

$$d^2(j, O) = \sum_{i=1}^n (x_{ij}^2) = 1 \quad (4-7)$$

con lo anterior, se determina la importancia por medio del espacio donde se encuentran las variables llamado círculo de correlaciones, círculo con radio 1. Las variables que representan la mayor importancia son las mas cercanas al círculo de correlaciones. Así mismo, cada eje representa una componentes principal. Donde las variables que más se asocian a cada eje son lo que presentan un mayor valor para esa componente (Lebart and Piron, 1995).

Una ayuda para la interpretación de las variables, es la contribución de una variable j en el eje α que tiene como objetivo detectar las variables que construyen a la construcción de los ejes factoriales. Esta contribución se mide teniendo en cuenta la proyección de los puntos filas de la variable j (ε_j) que se obtiene en la relación de transición en las que se conoce las direcciones factoriales de un espacio y se calcula las direcciones factoriales de otro espacio (Lebart and Piron, 1995).

$$CTR(j, \alpha) = \frac{\varepsilon_{j\alpha}^2}{\lambda_j} = u_{j,\alpha}^2 \lambda_j \quad (4-8)$$

$$\sum_{j=1}^n CTR(j, \alpha) = 100 \quad (4-9)$$

4.4. Modelos no lineales de rezagos distribuidos

4.4.1. Modelos no lineales de rezagos distribuidos

Se propone una extensión del modelo DLN, el modelo DLNM, generalización implementada por Armstrong (2006). Este familia de modelos flexibilizan las suposiciones de la relación que puede describir los efectos que varían a lo largo del espectro de la variables predictorias, como también en la dimensión del rezago. La elección de esta metodología principalmente por los recientes acercamientos en el campo económico y financiero (Joaqui-Barandica, 2017).

4.4.2. Representación general del modelo

Gasparrini (2011) definen de forma general el modelo, donde describe la variable respuesta Y_t con $t = 1 \dots n$ esta dada por:

$$g(u_t) = \alpha + \sum_{j=1}^J s_j(x_{tj}; \beta_j) + \sum_{k=1}^K \gamma_k u_{tk} \quad (4-10)$$

Donde $\mu \equiv E(y)$ es una función de enlace monotónica. La función s_j representa la relación suavizada entre las variables y x_j como predictor lineal, definido por los vectores de parámetros β_j . Las variables u_k incluyen otros predictores con efectos lineales especificados por los relacionados coeficientes α_k . Las funciones s_j también podrían especificarse a través de métodos no paramétricos basados en modelos generalizados aditivos.

4.4.3. Funciones de base

La relación entre x y $g(u)$ está representada por $s(x)$, que incluye en el predictor lineal de un modelo lineal generalizado. Una representación general de los modelos simples descritos anteriormente viene dada por:

$$s(x_t; \beta) = z_t^T \cdot \beta \quad (4-11)$$

con z_t como la fila t de la base $n \times v_x$ matriz Z , obtenida por la aplicación de las funciones bases del vector original x . Z puede incluirse en la matriz de diseño del modelo $g(u)$ para estimar los Parámetros desconocidos β relacionados a la definición de la relación. (Gasparrini, 2011)

4.4.4. Efectos rezagados

Una dimensión adicional

En presencia de efectos rezagados, el resultado en un momento t donde puede explicarse en términos de exposiciones pasadas $x_t = t$, como el retraso, que representa el período transcurrido entre la exposición y , la respuesta. Un enfoque relativamente simple es aplicar una transformación al vector original de exposiciones ordenadas x , derivando la matriz N de $n \times (L+1)$, como:

$$q_t = [x_t, \dots, x_{t-l}, \dots, x_{t-L}]^T \quad (4-12)$$

Donde L define el retraso máximo y $Q_1 \equiv x$ (la primera columna de Q). También podemos definir $l = [0, \dots, l, \dots, L]^T$ como el vector de retrasos correspondientes a las columnas $L + 1$ de Q .

Este paso especifica la dimensión de retraso adicional de la relación exposición -respuesta. En última instancia, el objetivo del marco de modelado propuesto aquí es describir simultáneamente la dependencia a lo largo de dos dimensiones: espacio predictor y en la nueva dimensión de retraso.

Modelos de rezago distribuido

Gasparrini (2011) definen C como la matriz de variables base para s , un DLNM puede ser especificado por

$$s(x_t; n) = \sum_{j=1}^{v_x} \sum_{k=1}^{v_t} r_{tj}^T c_k n_{kj} = w_t^T n \quad (4-13)$$

donde r_{tj} es el vector de exposiciones rezagadas para el tiempo t transformado a través de la función base j . El vector w_t se obtiene aplicando las funciones de base cruzada $v_x v_{ax_t}$. Para llegar a una fórmula compacta para W , necesitamos presentarla como un producto tensorial. Definiendo $P_{i,j}$ como el operador que permuta los índices i y j de una matriz y suponiendo una matriz $i \times j$ genérica como una matriz $i \times j \times 1$, se sigue que

$$A = (1 \otimes R) \odot (1 \otimes P_{1,3}(C) \otimes 1^T) \quad (4-14)$$

con 1 indicando vectores de unos con dimensiones apropiadas. Los símbolos $\otimes$ y $\odot$ representan los productos Kronecker y Hadamard, respectivamente. El $n(v_x v_l)x(L+1)$ matriz $\hat{A}$ se vuelve a disponerse, resumiendo lo largo de la tercera dimensión de retardos para obtener la matriz final de funciones-base transversal W .

5. Metodología

En este capítulo se resume la metodología planteada para realizar el análisis y ejecución del modelo DLNM. Inicialmente se construyó la base de datos de las variables macroeconómicas de Colombia, seguido se realizó la depuración de la base en variables de carácter mensual. Posteriormente se planteó el Análisis Espectral Singular con el fin de eliminar autocorrelación de las series por medio de suma de pseudoserias. Luego, se realizó el Análisis de Componentes Principales para la creación de factores que agrupan mayor información y finalmente se realizó el modelo DLNM para modelar el mercado accionario de Colombia, por medio del índice MSCI Colombia como variable respuesta.

5.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación Ex-post facto se empleó para obtener, analizar e interpretar los datos para la comprobación de la hipótesis de estudio. La finalidad de este tipo de diseño de investigación ex-post facto permite al investigador la posibilidad de observar una o más variables en el tiempo Uzoagulu (1998). En la figura 5-1 se ilustra el diseño metodológico que se realizó por fases.

El objetivo de este estudio es analizar cómo se relacionan los factores macroeconómicos con el índice MSCI Colombia de capitalización bursátil en el mercado de valores durante el periodo comprendido entre 2001 y 2020. Para ello, se realiza una recopilación de 153 series macroeconómicas Y mensuales con el fin de obtener la mayor cantidad posible de información relevante del mercado accionario de Colombia.

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_{153}$$

Posteriormente, se procede a la eliminación de tendencia T y ciclo C de las series para obtener series estacionarias. Se emplea la técnica de Análisis Espectral Singular (ASSA), que permite identificar y eliminar las tendencias y ciclos no deseados.



Figura 5-1.: Diagramas por fases metodológicas

$$\varepsilon_1 = Y_1 - T_1 - C_1$$

$$\varepsilon_2 = Y_2 - T_2 - C_2$$

$$\vdots$$

$$\varepsilon_{153} = Y_{153} - T_{153} - C_{153}$$

A partir de estas series estacionarias se construyen cuatro factores macroeconómicos φ mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP). Estos factores representan una combinación de las 153 series estacionarias que permiten capturar la variabilidad de la información macroeconómica, se observa el top 10 de las variables que más se correlacionan con la componente estimada para identificar cada factor, ver Anexo A

$$\begin{aligned}
\varphi_1 &= u_{11}\varepsilon_1 + u_{21}\varepsilon_2 \dots u_{p1}\varepsilon_{153} \\
\varphi_2 &= u_{12}\varepsilon_1 + u_{22}\varepsilon_2 \dots u_{p2}\varepsilon_{153} \\
\varphi_3 &= u_{13}\varepsilon_1 + u_{23}\varepsilon_2 \dots u_{p3}\varepsilon_{153} \\
&\vdots \\
\varphi_q &= u_{1q}\varepsilon_1 + u_{2q}\varepsilon_2 \dots u_{pq}\varepsilon_{153}
\end{aligned}$$

La relación entre los factores y el índice MSCI Colombia no es lineal debido a diversas razones relacionadas con el contexto macroeconómico. Por lo tanto, se sugiere el uso del modelo de aproximación metodológica DLNM, que permite estimar la superficie de la relación entre los factores y el índice MSCI Colombia de una manera más precisa.

El modelo DLNM se genera en tres dimensiones: la función de rezagos, la función de la variable respuesta y la función del factor. Esta superficie se estima mediante suavizadores expresados en la metodología del modelo DLNM por medio de los bs-spline bs y ns-spline ns. Mediante simulación se obtiene la mejor combinación de esos suavizadores que representan el mejor modelo, esto por medio del criterio de AIC. Finalmente, se realiza una comparación con el índice MSCI COLCAP.

En conclusión, este estudio permite obtener una representación más completa y precisa de la relación entre la macroeconomía y el mercado de valores de Colombia. El modelo DLNM permite identificar la no-linealidad de esta relación y estimar la superficie de esta relación de manera más precisa, lo que puede ser útil para la toma de decisiones en el ámbito financiero y económico.

5.2. Datos

En relación a la construcción de la base de datos, el repositorio Refinitiv-Eikon presenta el mercado de valores de Colombia en 10 grandes grupos: Commodities, sector externo, gobierno, sector industrial, mercado laboral, mercado y finanzas, cuentas nacionales, precios e encuestas y previsión.

Al igual que McCracken and Ng (2020) se tomará como base estos grupos para la conformación de los factores macroeconómicos. Esto con el fin de utilizar el mayor número de variables posibles de las obtenidas. Refinitiv-Eikon presenta 673 variables de índole macroeconómico para Colombia, las cuales tienen diferentes tipos de periodicidad como: diaria, semanales, mensuales, trimestrales y anuales. Con una gran mayoría en datos mensuales.

La base de datos nace de la necesidad de evaluar el gran número de variables macroeconómicas existentes. Bernanke et al. (2003) incorporan el termino data-rich el cual desarrolla la teoría para estimar modelos factoriales, multivariantes, de grandes dimensiones. Al generar estos factores, se ha comprobado una mejora en las respuestas de los modelos, variabilidad que no se implementa en el modelo.

Esta construcción se basa en McCracken and Ng (2020) quien inspirado en Stock and Watson (1996) crearon una gran base de datos a partir de 134 series macroeconómicas que representan indicadores mensuales de estados unidos. Sin embargo, para Colombia Oviedo-Gómez and Sierra (2019) realiza la primera aproximación a la construcción de una base de datos que explique y cuantifique los choques en términos de intercambio de las variables macroeconomicas, para ello se utilizó 136 series.

Para la construcción de la base de datos se usará el repositorio de datos Refinitiv-Eikon, el cual hace parte de la bolsa de Londres, London Stock Exchange Group, siendo uno de los principales proveedores de datos y estructura de mercados financieros a nivel mundial. Donde se obtuvo 153 series de variables macroeconómicas de periodicidad mensual.

La base de datos creada, en cumplimiento del objetivo 1, se encuentra en el siguiente repositorio: www.joaquibarandica.com/post/col_macroeconomic_data.

Análisis Espectral Singular

Las series macroeconómicas, son observaciones tomadas en el tiempo, meses. Esto, causa un ordenamiento natural de los datos; ordenados de acuerdo al momento en que han sido observados. Con ello, se puede decir que las observaciones de una serie pueden estar correlacionadas. Adicionalmente, la adición de factores no observables recogidos durante los diferentes periodos de tiempo de una serie presentan problemas de autocorrelación. Por lo anterior, para solucionar los problemas de autocorrelación de las series macroeconómicas se implementó el Análisis Espectral Singular Aplicado (ASSA).

ASSA es un método no paramétrico, que permite resolver problemas como la descomposición de una serie temporal en una suma de componentes interpretables, extracción de componentes periódicos, eliminación del ruido y otros. Por medio de esta descomposición se pretende extraer la tendencia, la periodicidad y el ruido.

Donde Y_t se define la serie temporal completa. T_t la pseudo serie que representa la componente de tendencia. C_t la componente cíclica y ε_t el conjunto complementario de componentes que integran la serie original.

Al observar la figura 5-2. La categoría de variable definida como ruido expresa el comportamiento de la serie original con ausencia de la tendencia y ciclo. La serie transformada se puede considerar la unión de componentes aleatorias, por tanto no tendrá algún patrón

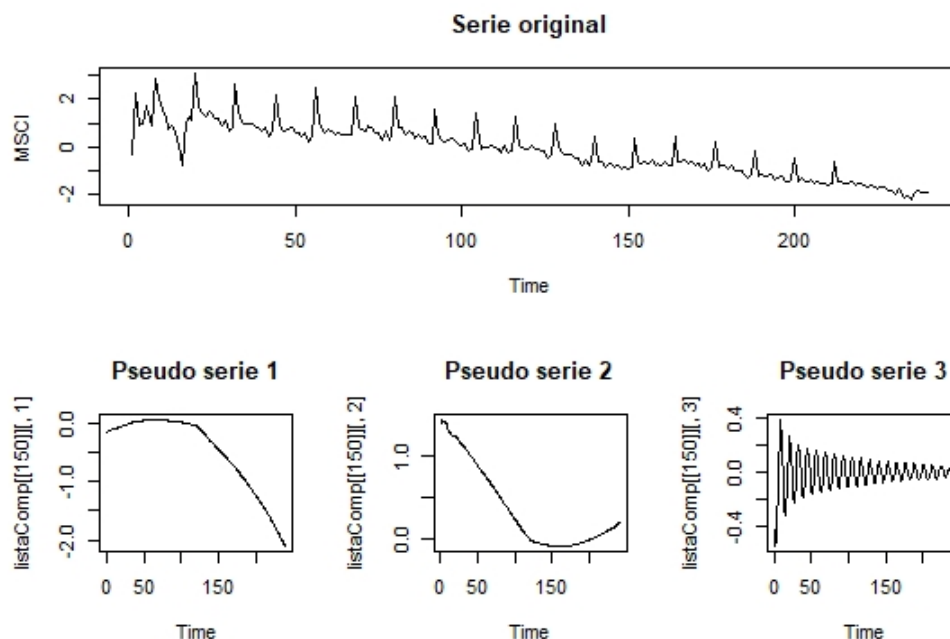


Figura 5-2.: Descomposición de una serie temporal

de comportamiento. Esto se puede expresar como:

$$Y_t = T_t + C_t + \varepsilon_t \quad (5-1)$$

El objetivo de esta metodología consiste en eliminar las componentes implicadas en los problemas de autocorrelación de la serie que son la tendencia y la periodicidad que se definirá como el ciclo. Por tanto, las demás componentes que conforman la adicción de la serie tendrán la categoría de error o ruido.

Esta descomposición se realizó para toda la base de datos. Este método se desarrollo usando el paquete ASSA del software R. Por tanto, se tendrá un consolidado de 153 series macroeconómicas mensuales no autocorrelacionadas.

Con lo anterior, el conjunto de variables macroeconomicas no tendrá problemas de autocorrelación. Seguido, se determinó el número de factores óptimos que permiten recoger la mayor variabilidad posible, con esto se buscó hallar la cantidad de factores latentes que permitan modelar el mercado accionario accionario Colombiano.

5.3. Factores macroeconómicos

Para transformar la información obtenida en ese gran número de series, se realiza el ACP. El cual, tiene como objetivo disminuir la dimensionalidad de la información, es decir, presentar las N series de variables macroeconómicas en un número de menores variables construidas mediante combinaciones lineales.

Con la reducción de la dimensionalidad se logra identificar los posibles factores del conjunto de variables latentes (Peña, 2002). Para determinar el número de factores significativos se empleará el criterio desarrollado en Bai and Ng (2002), como una generalización de los criterios C_p de Mallows para grandes dimensiones. Este permite minimizar la suma de los residuos cuadrados, lo cual permite mantener el modelo parsimonioso.

Se evaluaron las variables macroeconómicas a través del ACP con el fin de encontrar componentes que permitan evidenciar similitudes entre las variables. Este método de componentes principales que es la combinación lineal de las variables base se desarrollo usando el paquete FactorMineR del software R.

5.3.1. Caracterización de los grupos de las series

Al agrupar las series macroeconómicas, se estudió las características distintivas en cada grupo, por medio de las k -tuplas para identificar el sector económico de las variables que conforman cada factor. Luego, se asocia la frecuencia de los sectores de las k -tuplas al factor para conocer los sectores más y menos representativos en cada grupo.

5.4. Modelación

Con el fin de medir el impacto de las variables macroeconómicas sobre el índice MSCI Colombia, calculado por MSCI Inc., se plantea el uso del modelo no lineal de rezagos distribuidos (DLNM). Gasparrini et al. (2010) argumenta que mientras los modelos Modelos Lineales Dinámicos (DLM, por sus siglas en inglés Dynamic Linear Models) son adecuados para describir rezagos lineales, presentan limitaciones al momento de tener relaciones no lineales. Por tanto, el modelo DLNM se presenta como un ajuste a la metodología DLM.

Este modelo DLNM para medir el índice MSCI Colombia en el tiempo se puede escribir con la suma ponderada de los factores acumulados de las variables macroeconómicas de Colombia. $\varphi_{t-l_0}, \dots, \varphi_{t-L}$ en donde $l = l_0, \dots, L$ se define como los rezagos con l_0 y L mínimo y máximo respectivamente.

De este modo, se resume el modelo en dos funciones iniciales definidas como $f(x)$ y $w(l)$ que determinan la exposición- respuesta y rezago-respuesta respectivamente. En nuestro caso Factores-MSCI y Rezagos-MSCI. La combinación entre estas funciones sobre un plano da

como resultado una función exposición-Rezago-Respuesta (exposición-Rezago-MSCI) que se presenta como función de suavización en un plano multidimensional en el que se puede observar los efectos a lo largo de la variable respuesta y su dimensión de rezago.

Siguiendo a Gasparrini et al. (2010) se puede representar la respuesta de los factores como F_t con parametro θ :

$$s(F_t, \theta) = \int_{l_0}^L f.w(X_{t-l}, l) dl \approx \sum_{l=l_0}^L f.w(X_{t-l}, l) = W_{x,t}^T \theta \quad (5-2)$$

$$s(F_t, \theta) = \sum_{j=1}^{v_x} \sum_{k=1}^{v_l} = r_{j,t}^T c_{.k} \theta_{jk} = W_{x,t}^T \theta \quad (5-3)$$

Donde la función $s(F_t, t)$ se calcula como la integral de la exposición-rezago-respuesta. Parametrizada por medio de $r_{j,t}^T$ a la exposición rezagada en el tiempo t. Por medio de la función j. Definiendo c como el conjunto de variables polinómicas que describen el efecto de los rezagos por medio de una curva suavizada. Lo anterior, a través de la función cross-basis genera la variable transformada $W_{x,t}^T$ combinadas linealmente con los parametros θ (Gasparrini et al., 2010).

6. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en este trabajo, estudiando los factores construidos a partir de las series macroeconómicas mensuales de Colombia. En el cual, se presenta un análisis exploratorio de la variable respuesta MSCI Colombia y un análisis multivariado, en el cual se presenta la relación entre las variables y se identifique similitudes entre el conjunto de variables.

6.1. Análisis exploratorio

La **6-1** muestra el comportamiento del rendimiento para Colombia en el periodo analizado. Alrededor del año de 2009 a 2010 se observa una caída del índice por factores exógenos, como fue la crisis económica del 2008 conocida como la crisis subprime. Para el año 2010 se observa el final del ciclo económico causado por dicha crisis. Seguido a ello, se observa un aumento del índice. Sin embargo, a partir del año 2014 se presentan dos nuevas crisis que disminuyen el índice, crisis económica y diplomática en el 2014 con efectos estructurales en el comercio exterior entre Colombia y Venezuela. Y la crisis de COVID-19 en 2019.



Figura 6-1.: Indice MSCI Colombia

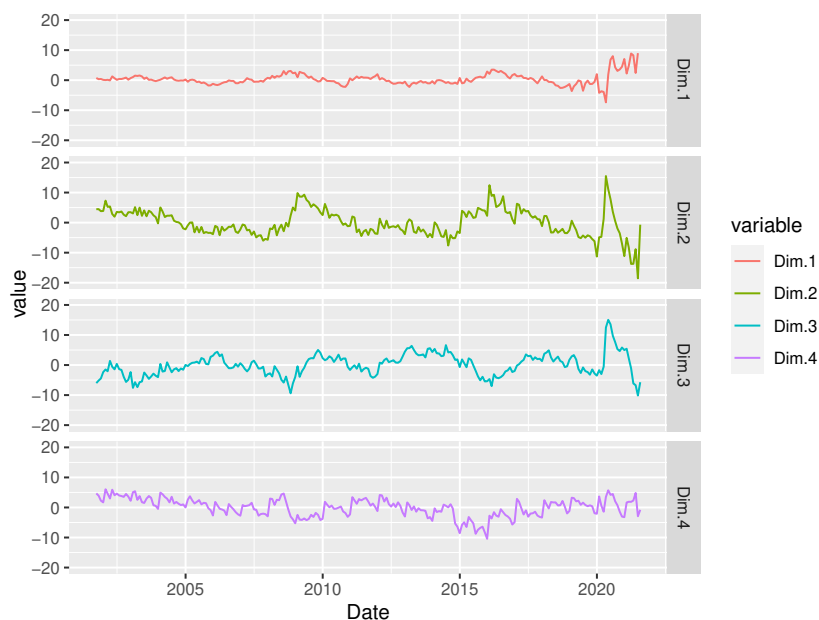


Figura 6-2.: Valor de las componentes estimadas

Factores	Grupo
Factor 1	Finanzas
Factor 2	Sector externo (Importaciones y Exportaciones)
Factor 3	Precios
Factor 4	Mercado laboral (fuerza laboral y desempleo)

Tabla 6-1.: Grupo de variables por factores

6.2. Factores

Al aplicar el ACP sobre las series de variables macroeconómicas de periodicidad mensual, se presenta en la figura **6-2** las 4 primeras componentes estimadas.

Los primeros 4 factores se pueden asociar a un grupo de variable macroeconómica como se ve en la tabla **6-1**. Para observar los indicadores que le corresponden a cada factor ver Anexo A.

Estos 4 factores explican el 47,63 % de las veces la variable respuesta, el índice MSCI Colombia. Donde, la primer componente explica el 19,47 % de la variabilidad. Mientras que la segunda componente se caracteriza por captar la información sobre el sector externo en relación a las exportaciones e importaciones el cual compone el 13,26 % de la variabilidad

Factor	$f(t)$: Exposición	$w(l)$: Lag	AIC
MSCI COL	ns; $k = 1$	bs, $k = 2$	-549.00
MSCI COL	bs; $k = 1$	bs, $k = 2$	-540.65
MSCI COL	ns; $k = 4$	bs, $k = 3$	-539.27
MSCI COL	bs; $k = 1$	bs, $k = 3$	-525.19

Tabla 6-2.: Elección de modelos mediante criterio AIC. Sea ns: B-splines Cúbico Natural, bs: B-splines.

total. Mientras que para el factor 3 y 4 se concentran en precio y mercado laboral con una variabilidad total de 8,86 % y 6,05 % respectivamente.

Estos factores presentan oscilación alrededor de cero, dado que los datos estan estandarizados, centrados a cero.

6.3. Modelación

Para medir el impacto de los choques macroeconómicos de la economía colombiana sobre el índice MSCI calculado por MSCI Inc. Se usará el modelo DLNM debido a las características asimétricas y no lineales que existe en estas variables macroeconomicas. Este modelo relaja las suposiciones sobre la forma de la relación que puede describir los efectos que varían de forma simultánea tanto a lo largo del espectro de los valores que toma el predictor (en este caso los factores) como en la dimensión del rezago.

La selección del modelo adecuado en el método DLNM continúa siendo tema de investigación. Por ello, se realiza diferentes iteraciones de suavizado para elegir el modelo que se ajuste a la realidad. Se aplica el uso de B-splines cúbicos naturales (*ns*) y B-splines cuadráticos(*bs*) (con $df = 2$) con cortes o nodos igualmente espaciados en las funciones spline ($k = 1; k = 2$) para las funciones de exposición $f(t)$ y rezago $w(l)$ (Lag), estudios de simulación indican un buen desempeño de los métodos basados en el Criterio de Información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés Aikake Information Criterion) para definir el suavizador y las dimensiones (Gasparrini 2014). En la tabla 6-2 se pueden identificar los modelos elegidos para su ajuste.

Por medio de simulación se observó que a medida que incrementa el valor de los nodos (k) en la función de rezagos $w(l)$ o en la función de exposición $f(t)$ el AIC aumenta. Al definir este comportamiento se pudo suavizar distintos valores de k . Por medio del criterio de AIC se determinó que $k = 3$ es el mejor nodo para el modelo.

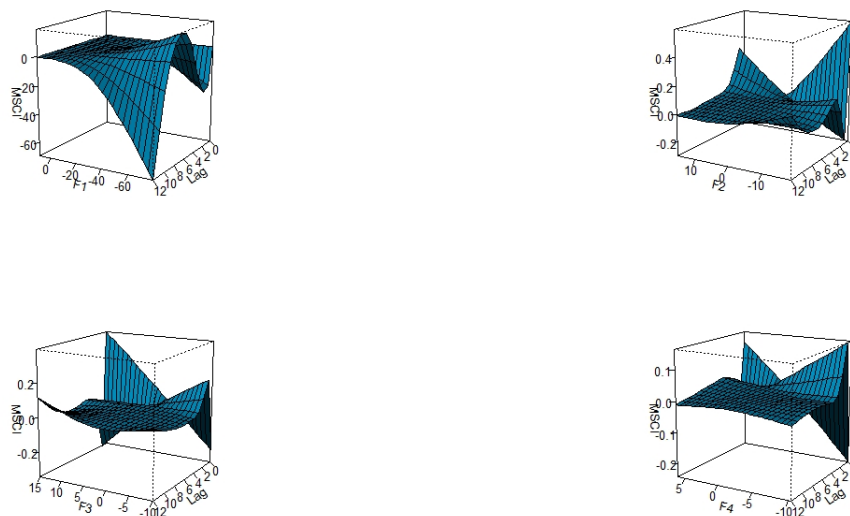


Figura 6-3.: Superficie 3d Exposición-Rezago-Respuesta para MSCI Colombia

Como se planteó en la metodología, el modelo DLNM se complementa por medio de métodos gráficos como lo son las gráficas de superficies tridimensionales de la exposición-rezago-respuesta que resume el efecto de los factores macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia.

En términos generales, se observa que los factores presentan un efecto en tres dimensiones. La primera dimensión de rezago (el choque afecta a través del tiempo) se distribuye en todo el espectro de valores que tomará nuestro predictor (todo el espectro de valores que toma el factor) es decir, tomar el factor que va a medir variables que este al alza o la baja y ver su efecto con el índice (valor de mercado). Esto permite evaluar de manera general en estas 3 dimensiones el modelo. Gasparrini et al. (2010) habla de estos modelos, donde estas 3 dimensiones (tiempo, valores del factor, valor de la variable) donde se crea una red tridimensional, se suaviza, es un proceso suavizado y se obtiene la respuesta de como tener las estimaciones de la variable respuesta.

La figura 6-3 presenta los gráficos de superficies, se observa que los factores generan una gran explicación de la variabilidad macroeconómica. Que se puede expresar como un mayor efecto sobre los retornos del índice (esto se refleja sobre las ondulaciones de la gráficas).

Para evaluar el comportamiento de cada uno de los factores en relación al índice de forma más detallada, se realizan gráficos de contorno en la figura 6-4 que ayudan a comparar mejor

la respuesta en los retornos ante cambios en los factores y el índice.

Para el factor 1 se presenta una aceleración en la actividad económica (valores negativos de $F1$) de manera contemporánea ($\text{lag}=0$) se observa una menor rentabilidad en el mercado de valores de Colombia. Pero instantáneamente, para el siguiente mes ($\text{lag}=1$) se observa que la rentabilidad en el mercado de valores se mantiene constante. Es decir, el mercado refleja contemporáneamente la aceleración en el consumo y producción, en dónde las empresas cuidando su valor patrimonial actúan rápidamente y cubren sus posiciones financieras mediante efectos cambiarios en el tiempo. Lo cual se ve representado en rendimientos para los rezagos de un periodo. Posterior a esto se estabiliza el mercado. Por otra parte, cuando hay una aceleración en el consumo y aumento en la actividad económica se observa una disminución en el rendimiento de las acciones en el mercado. Posteriormente el choque se estabiliza para valores inferiores a cero.

El factor 2 que está ligado al sector externo de importaciones y exportaciones, ante un alza en el comportamiento de este sector el mercado de valores responde contemporáneamente de forma positiva, respaldado en el hecho de mayor inversión, y se observa mayor estabilidad en los rendimientos en el mercado, es decir las empresas incrementan y estabilizan su valor patrimonial en el mercado. En cuanto a disminución en indicadores de la economía externa los retornos fluctúan más a través del tiempo. Una caída en este factor muestra una mayor fluctuación en los rendimientos, es notorio como las estrategias de cubrimiento ante posibles pérdidas en el valor de las acciones, es decir, las empresas pueden tener posiciones en instrumentos financieros que ante una pérdida generen posteriormente una ganancia.

En la literatura también se encuentra que para Del Campo (2017), un aumento en la industria exportadora en Colombia tiene un efecto positivo para los inversionistas, pues el precio de las acciones sube. Para España (2021), afectaciones sobre las exportaciones impacta el índice, en su caso el índice COLCAP.

El factor 3 de Precios, presenta una aceleración para valores negativos, esto como impulso al consumo en relación a la disminución del efecto cambiario. Lo que provoca un mejoramiento en el mercado y por tanto, mayor rendimiento en las acciones.

Como también menciona Goicochea (2022), en Perú, a medida que aumenta el Índice de Precio al Consumidor (IPC) el valor del Precio de las Acciones de Nexa Resources S.A.A. disminuye. Para Jabarin et al. (2019) el IPC tiene un impacto significativo negativo en los rendimientos de las acciones en el mercado de valores de Palestina y Ammam.

El factor 4, medido a partir de la fuerza laboral muestra que ante incrementos en este factor los rendimientos en el mercado tienden a ser relativamente positivos. Sin embargo, lo contrarresta el hecho de que aumentos en la tasa desempleo, frena el crecimiento económico lo que repercute en la disminución patrimonial de las empresas y por ende un bajo valor en los

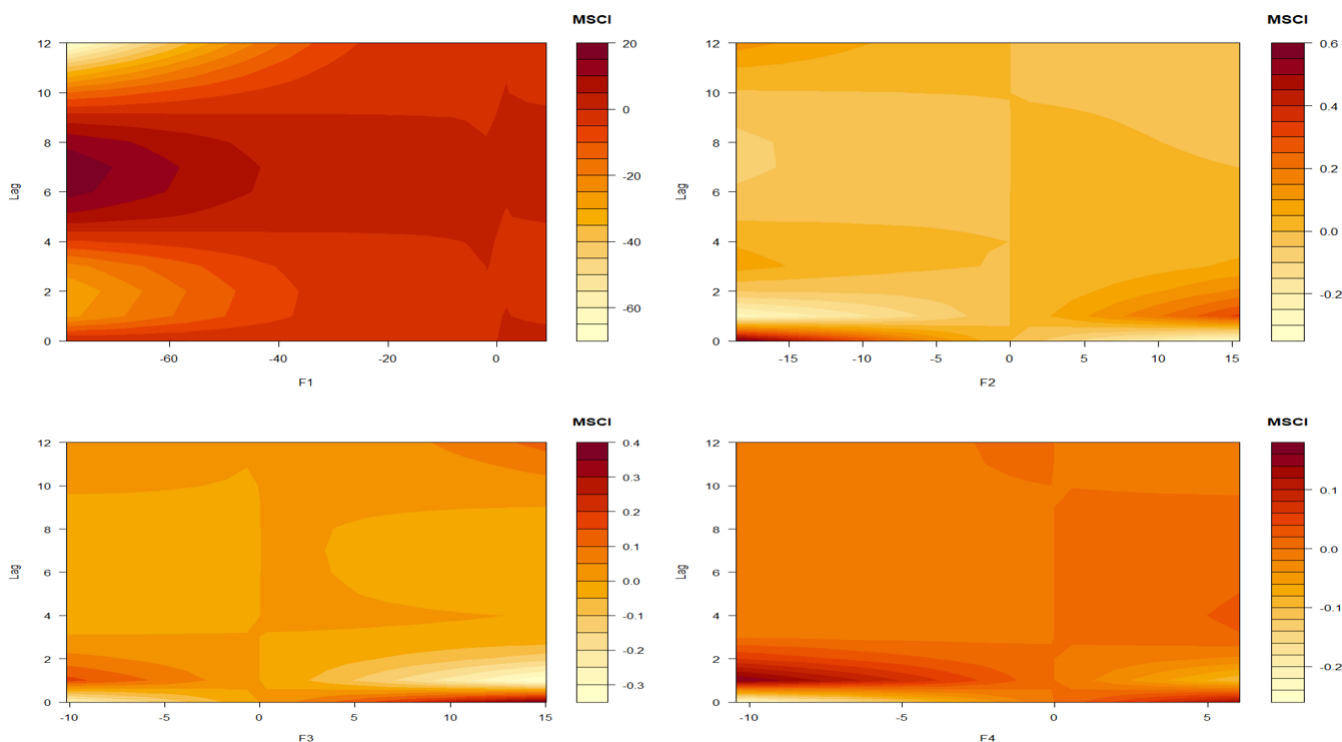


Figura 6-4.: Contornos de la respuesta del MSCI Colombia ante variaciones en cada factor macroeconómico

rendimientos del mercado. El factor de fuerza laboral relacionado principalmente con la tasa de desempleo muestra que aumentos en el desempleo general inestabilidades en el mercado a través de los periodos ya que es más fluctuante.

Esto mismo se observa para España (2021), donde hay una relación positiva entre el mercado accionario y el desarrollo económico en Colombia bajo el COLCAP, aquí juega un papel importante la generación de empleos porque aumenta el valor de las acciones. Para Balsa, D. (2018), niveles de desempleo muy bajos históricamente no son buenos para la renta variable.

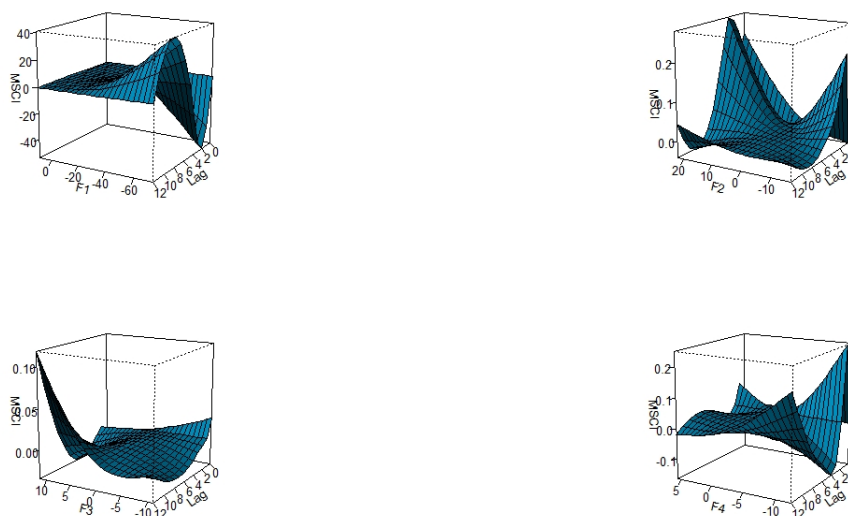


Figura 6-5.: Superficie 3d Exposición-Rezago-Respuesta para MSCI COLCAP

6.4. MSCI COLCAP

En la figura 6-5, similarmente a la figura 6-3 para el índice MSCI Colombia los factores explican la variabilidad macroeconómica.

Se puede observar en B-2 el comportamiento de cada factor macroeconómico en relación a MSCI COLCAP es similar al MSCI Colombia. Sin embargo, el impacto de estos factores presentan mayor variabilidad en relación al índice MSCI Colombia. El efecto de estos factores macroeconómicos son mas variables en el tiempo y tome valores positivos, efecto positivo al largo plazo. Una aceleración en la actividad económica (valores negativos de F1) de manera contemporánea (lag=0) se observa una menor rentabilidad en el mercado de valores de Colombia. Este comportamiento se mantiene durante los 2 meses siguientes. A mediano plazo se observa una aceleración en el consumo y producción, en dónde las empresas cuidando su valor patrimonial actúan rápidamente y cubren sus posiciones financieras mediante efectos cambiarios en el tiempo, valores positivos. Pese a esto, en el largo plazo se observa una tendencia próxima a cero.

Para los factores 2 y 3 el índice tiene efectos negativos en el corto como largo plazo. F2 presenta una leve aumento del índice en (lag=0). Efecto que se ausenta en el mediano plazo y posteriormente, por medidas del mercado logra recuperarse en el largo plazo. Para el factor 3 de Precios, presenta una aceleración para valores negativos, efecto positivo que genera impulso al consumo en relación a la disminución del efecto cambiario. Lo que provoca un

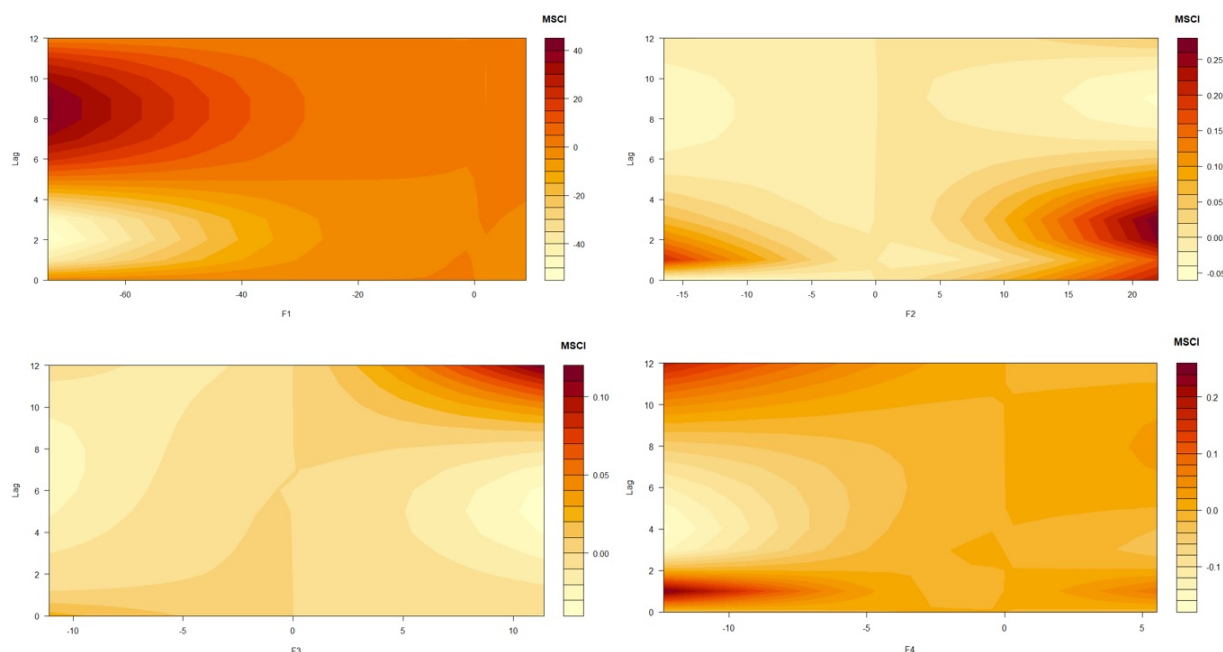


Figura 6-6.: Contornos de la respuesta del MSCI COLCAP ante variaciones en cada factor macroeconómico

mejoramiento en el rendimiento del índice y las acciones.

Finalmente, el factor 4 es el más similar entre los índices. La fuerza laboral muestra que ante incrementos, los rendimientos tienden a ser relativamente positivos. Sin embargo, lo contrarresta el hecho de que aumentos en la tasa desempleo, frena el crecimiento lo que repercute en la disminución patrimonial y por ende un bajo valor en los rendimientos del mercado. Sin embargo, esta disminución tiene un efecto mayor en el índice MSCI COLCAP, los valores son más próximos a cero.

En contraste, el índice MSCI COLCAP es más sensible al índice MSCI Colombia, los efectos son más recurrentes en el tiempo para el índice MSCI COLCAP. En otras palabras, el índice MSCI COLCAP es mucho más volátil frente a los cambios ocasionados por los factores macroeconomicos, esto se puede observar en los diferentes factores. Por ejemplo, en el Factor 1 los efectos para el índice MSCI Colombia presenta una relación negativa frente a una disminución en la rentabilidad. A largo plazo esta rentabilidad se hace positiva, la cual se puede definir como utilidad, mientras que para el índice MSCI COLCAP presenta un compartamiento similar. Sin embargo, a largo plazo, su rentabilidad tiende a ser próxima a cero. Por tanto, el índice MSCI COLCAP presenta mayor riesgo para invertir, la constante de disminución se mantiene variable con valores negativos o muy cercanos a cero.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

1. El proyecto contribuyó con la conformación de una base de datos macroeconómica, recopilada de Refinitiv, la cual se constituye como una herramienta para futuros trabajos de investigación.
2. Se logró representar el mercado accionario de Colombia con el ASSA y el ACP mediante el uso de las series macroeconómicas de periodicidad mensual por medio de 4 grandes factores: Moneda y finanzas, sector externo (importaciones y exportaciones), precio (al consumidor y al productor) y mercado laboral (fuerza laboral y desempleo), logrando explicar alrededor del 48 % del mercado accionario de Colombia.
3. El estudio permitió evidenciar una buena aproximación del modelo DLNM en relación a los factores macroeconómicos formados para expresar la realidad del mercado accionario de Colombia. Los resultados de estos factores en relación al rendimiento del índice permitieron comprender los efectos de estos factores tanto en corto como a largo plazo.
4. Al Comparar la respuesta de los índices MSCI Colombia y MSCI COLCAP respecto a choques macroeconómicos se observa que ambos índices presentan comportamientos similares ante los factores propuestos. Sin embargo, el impacto de estos factores presentan mayor variabilidad en relación al índice MSCI Colombia. El efecto de estos factores macroeconómicos son más variables en el tiempo. En el largo plazo, estas variaciones tienden a generar valores mayores a cero para el índice MSCI Colombia.
5. El índice MSCI COLCAP presenta mayor riesgo para invertir, la constante de aceleración o disminución se mantiene variable con valores negativos o muy cercanos a cero. Mientras que, MSCI COLOMBIA presenta un mayor rendimiento, valores positivos expresados en beneficios para el índice.

7.2. Recomendaciones

- En las diferentes pruebas metodológicas se puede concluir, que el uso de análisis multivariado para series de tiempo tiene buena aproximación, bien sea por las referencias presentadas en el marco teórico. Como también los factores obtenidos por un análisis con presencia y otro con ausencia de la metodología ASSA fueron similares.
- Se recomienda para trabajos posteriores realizarlo con la información más reciente, pues la metodología cambió del COLCAP al MSCI COLCAP, además, se ha tenido grandes impactos económicos a causa de la pandemia por COVID y sus implicaciones.
- Analizar en diferentes escalas de tiempo para observar cambios críticos en el mercado, como lo puede ser la periodicidad diaria.
- Adicionar factores externos, estos suelen ser muy influyentes en economías dependientes como es el caso de la economía colombiana.

A. Anexo: Factores macroeconómicos con indicadores

Factor	Código	Indicador	Información
Factor 1	aCOCPHOUSF.1D/C	Colombia Consumer Prices, By Commodity, Housing , Total, Index, 2008M12=100	Finanzas
	aCOCPCXFIF.1D/C	Colombia Consumer Prices, Core CPI, Core inflation, Index, 2008M12=100	
	aCOM3	Colombia Money supply, M3, COP	
	aCOCONPRCF.1D/C	Colombia Consumer Prices, Total, Total, Index, 2008M12=100	
	aCOM2	Colombia Money supply, M2, COP	
	aCOMONM3VA	Colombia Financial sector, money supply, M3, private sector, COP	
	aCOCNPNEALF.1D/C	Colombia Consumer Prices, By Commodity, Health, Total, Index, 2008M12=100	
	aCOCPIITRAF.1D/C	Colombia Consumer Prices, By Commodity, Transport, Transport, Index, 2008M12=100	
	aCOM0A	Colombia Money supply, currency in circulation, COP	
Factor 2	aCOCPEDUCF.1D/C	Colombia Consumer Prices, By Commodity, Education, Total, Index, 2008M12=100	Sector externo (importaciones y exportaciones)
	aCOIMGDSFA	Colombia Imports, Total, fob, USD	
	aCOIMPCCSA	Colombia Imports, Capital goods, building material, cif, USD	
	aCOCIMPB/A	Colombia Merchandise Imports, Standardized, SA, USD	
	aCOCIMBA	Colombia Imports of Goods, Balance of Payments Basis, Standardized, USD	
	aCOEXP	Colombia Exports, FOB, USD	
	aCOCEXBA	Colombia Exports of Goods, Balance of Payments Basis, Standardized, USD	
	aCOCEXPB/A	Colombia Merchandise Exports, Standardized, SA, USD	
	aCOIMPRBCA	Colombia Imports, TARIC 40, Rubber and articles thereof, CIF, USD	
Factor 3	aCOEXPTPDA	Colombia Exports, Traditional products, petrol and derivat, fob, USD	Precios
	aCOCMS1B/A	Colombia Money Supply M1, Standardized, SA, USD	
	aCOCPICTY.1D	Colombia Consumer Prices, Total, Total, Chg Y/Y	
	aCOPROPRNR	Colombia Producer Prices, ISICRev4 B, Total, Chg Y/Y	
	aCOCPIIYE/A	Colombia Producer Prices, PPI, % year on year, Standardized, SA, Chg Y/Y	
	aCOCPIIYF	Colombia Producer Prices, PPI, % year on year, Standardized, Not SA, Chg Y/Y	
	aCOCPIYF	Colombia CPI, % year on year, Standardized, Not SA, Chg Y/Y	
	aCOCPICTYI	Colombia Consumer Prices, Total, Total, Chg Y/Y	
	aCOCPIIYE/A	Colombia CPI, % year on year, Standardized, SA, Chg Y/Y	
Factor 4	aCOCORPE/A	Colombia Core CPI, Standardized, SA, Chg P/P	Mercado laboral (fuerza laboral y desempeño)
	aCOCPCORF.1D	Colombia Consumer Prices, Core CPI, Core inflation, Chg Y/Y	
	aCOCPICTYI	Colombia Consumer Prices, Total, Total, Chg P/P	
	aCOCVISB/A	Colombia Visible Trade Balance, Standardized, SA, USD	
	aCOVISGDSA	Colombia TRADE BALANCE (F.O.B - C.I.F), Not SA, USD	
	aCOTBALFOB	Colombia Trade Balance, FOB, USD	
	aCOBISRXBR	Colombia BIS, Real Broad Effective Exchange Rate Index, 2010=100	
	aCOIRECE/C	Colombia Real effective exchange rate (REER) based on consumer price index, 2010=100, Not SA	
	aCOCEXBYA	Colombia Exports of Goods, Balance of Payments Basis, % year on year, Standardized, Chg Y/Y	
Factor 4	aCOUNEMPRN	Colombia Unemployment, Overall, Rate, national	Mercado laboral (fuerza laboral y desempeño)
	aCOBISNXBR	Colombia BIS, Nominal Broad Effective Exchange Rate Index, 2010=100	
	aCOCMS0YB/A	Colombia Money Supply M0, Standardized, SA, Chg Y/Y	
	aCOINECE/C	Colombia Nominal effective exchange rate (NEER) based on consumer price index, 2010=100, Not SA	

Tabla A-1.: Identificación de factores macroeconómicos.

B. Anexo: Correlaciones de las componentes con las variables para calificar los factores

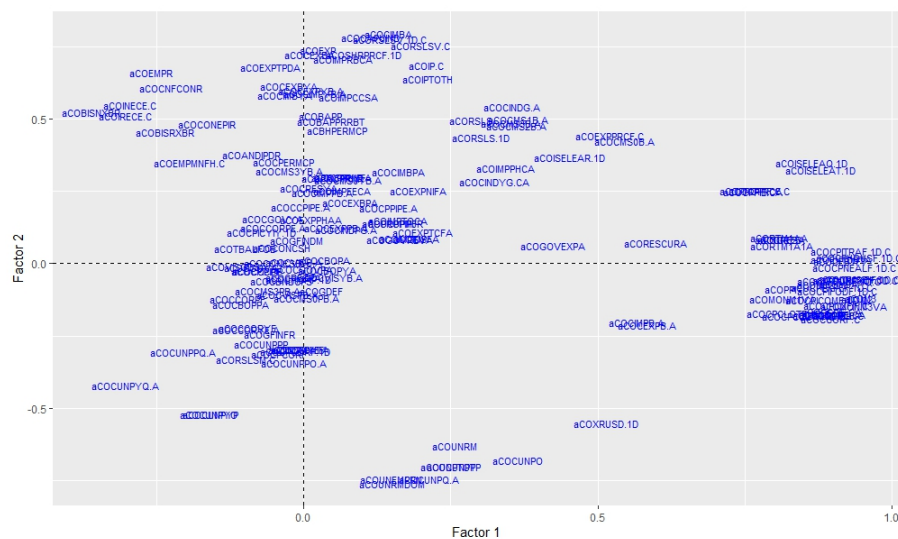


Figura B-1.: Cargas de las variables macroeconómicas en el primer y segundo factor de componentes principales

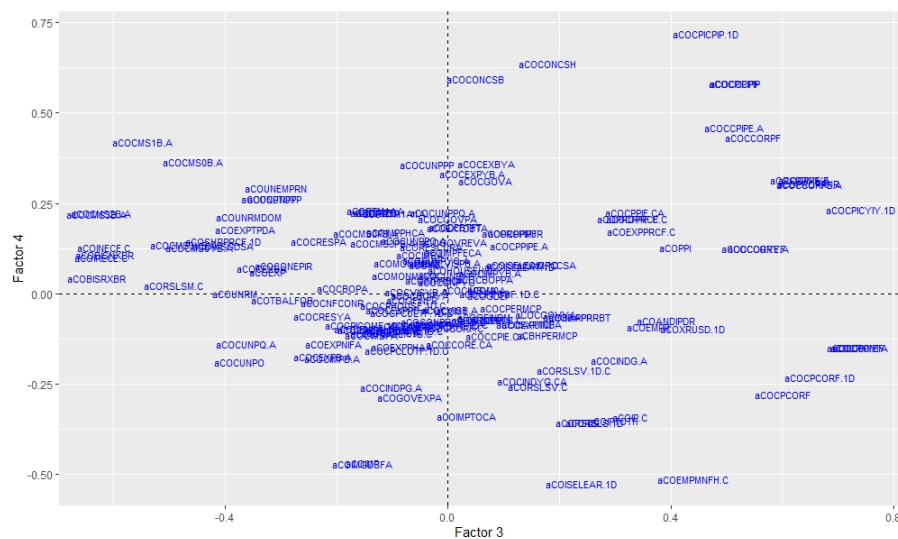


Figura B-2.: Cargas de las variables macroeconómicas en el tercer y cuarto factor de componentes principales

Bibliografía

Abugri, B. A. (2008), ‘Empirical relationship between macroeconomic volatility and stock returns: Evidence from latin american markets’, *International Review of Financial Analysis* **17**(2), 396–410.

Acevedo, N. M., Jiménez, L. M. and Castaño, N. E. (2016), ‘Relación de causalidad de variables macroeconómicas locales y globales sobre el índice colcap’, *Revista Espacios* **38**(21), 38.

Acevedo, N. M., Jiménez, L. M. and Rojas, M. D. (2014), ‘Efecto de las variables macroeconómicas globales y locales sobre el comportamiento de los futuros de la trm en colombia’, *Escenarios: empresa y territorio* **3**.

Agudelo, D. A. and Gutiérrez, (2011), ‘Anuncios macroeconómicos y mercados accionarios: el caso latinoamericano’, *Academia. Revista Latinoamericana de Administración* **48**, 46–60.

Agudelo, D., Gutiérrez, M. and Cardona, L. (2017), ‘Volatility transmission between us and latin american stock markets: testing the decoupling hypothesis’, *Research in International Business and Finance* **39**(A), 115–127.

Amengual, D. and Watson, M. (2007), ‘Consistent estimation of the number of dynamic factors in a large n and t panel’, *Journal of Business Economic Statistics* **25**(1), 91–96.

Armstrong, B. (2006), ‘Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality’, *Epidemiology* **17**(6), 624–631.

URL: https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2006/11000/Models_for_the_Relationship_Between_Ambient.6.aspx

Bai, J. and Ng, S. (2002), ‘Determining the number of factors in approximate factor models’, *Econometrica. Econometric Society* **70**(1), 191–221.

Bai, J. and Ng, S. (2021), ‘Matrix completion, counterfactuals, and factor analysis of missing data’, *Journal of the American Statistical Association* **116**(536), 1746–1763.

URL: <https://doi.org/10.1080/01621459.2021.1967163>,

Balsa, D. (2018), ‘¿Es bueno para la bolsa que baje el desempleo?’.

URL: <https://www.bbva.ch/noticia/es-bueno-para-la-bolsa-que-baje-el-desempleo/>

- Bernanke, B. S., Boivin, J. and Elias, P. (2003), 'Monetary policy in a data rich environment', *Journal of Monetary Economics* **50**(3), 525–546.
- Bernanke, B. S., Boivin, J. and Elias, P. (2005), 'Measuring the effects of monetary policy: A factor-augmented vector autoregressive (favar) approach', *The Quarterly Journal of Economics* **120**(1), 387–422.
- Bolsa de Valores de Colombia (BVC) (10 de noviembre de 2021), 'MSCI COLCAP'.
URL: <https://bvc.co/msci-colcap>
- Bolsa de Valores de El Salvador (2022). Glosario.
URL: <https://www.bolsadevalores.com.sv/index.php/centro-de-informacion/educacion-bursatil/glosario/indice-de-capitalizacion-bursatil>
- Bógalo, J., Poncela, P. and Senra, E. (2021), 'Circulant singular spectrum analysis to monitor the state of the economy in real time', *Mathematics* **9**(1169).
- Castro, A. D. and Romero, G. R. (2015), 'Determinantes macroeconómicos del comportamiento de índice general de la bolsa de valores de colombia', *Aglala* **6**(1), 199–229.
- Ceballos, G. C., Perez, D. and Gutiérrez, B. E. (2017), 'Impacto del Índice riesgo país en el mercado accionario colombiano', *Investigación administrativa* **46**(119).
- Chen, N. F., Roll, R. and Ross, S. A. (1986), 'Economic forces and the stock market', *The Journal of Business* **59**(3), 383–403.
- Coussin, M. (2022), 'Singular spectrum analysis for real-time financial cycles measurement', *Journal of International Money and Finance* **120**, 102532.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560621001832>
- de Carvalho, M., Rodrigues, P. C. and Rua, A. (2012), 'Tracking the us business cycle with a singular spectrum analysis', *Economics Letters* **114**(1), 32–35.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176511003363>
- de Carvalho, M. and Rua, A. (2017), 'Real-time nowcasting the us output gap: Singular spectrum analysis at work', *International Journal of Forecasting* **33**(1), 185–198.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207015001247>
- Del Campo, J. (2017), 'Impacto de sorpresas macroeconómicas de colombia sobre el mercado accionario colombiano'.
URL: <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/10917/1143157546.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escobar, J. and González, E. J. (2016), 'Valuar la eficiencia de los Índices igbc y colcap a través de un portafolio de inversiones de activos financieros con un modelo econométrico'.

- España, J. D. (2021), ‘Análisis del impacto de variables macroeconómicas, sobre el Índice bursátil colcap durante el período 2015 - 2019.’.
URL: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6499/1/2022-JeefersonDavidEspa%C3%B1aToro.pdf>
- Fathi, A., El-Khidary, I. and Saafan, M. (2021), ‘A hybrid model integrating singular spectrum analysis and backpropagation neural network for stock price forecasting’, *Revue d’Intelligence Artificielle* **35**(6), 483–488.
- Fathi, A., El-Khidary, I. and Saafan, M. (2022), ‘Integrating singular spectrum analysis and nonlinear autoregressive neural network for stock price forecasting’, *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)* **11**(3), 835–842.
- FED, F. R. S. (2022). Actualizado: Octubre 2017.
URL: <https://www.federalreserve.gov/faqs/what-is-macroeconomics.htm>
- Figueroa, A. P. and Gualdron, A. E. (2014), ‘Importancia de los índices bursátiles en el mercado de colombia’, *Revista Innovando en la U* (6), 123–131.
- Fortin-Gagnon, O., Leroux, M., Stevanovic, D. and Surprenant, S. (2018), A large canadian database for macroeconomic analysis, Cirano working papers, CIRANO.
URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:cir:cirwor:2018s-25>
- Gasparrini, A. (2011), ‘Distributed lag linear and non-linear models in r: The package dlrm’, *J Stat Softw* pp. 1–20.
- Gasparrini, A., Armstrong, B. and Kenward, M. G. (2010), ‘Distributed lag non-linear models’, *Statistics in Medicine* **29**(21), 2224–2234.
- Goicochea, E. (2022), ‘Relación del riesgo país con el precio de las acciones de las principales empresas del sector minero que cotizan en la bolsa de valores de lima periodo 2018-2020’.
- Golyandina, N. and Korobeynikov, A. (2014), ‘Basic singular spectrum analysis and forecasting with r’, *Computational Statistics and Data Analysis* **28**.
- Golyandina, N. and Usevich, K. (2010), ‘2d-extension of singular spectrum analysis: algorithm and elements of theory’, *Matrix Methods: Theory, Algorithms and Applications* pp. 449–473.
- Gronlund, C., Zanobetti, A., Schwartz, J., Wellenius, G. and O’Neill, M. (2014), ‘Heat, heat waves, and hospital admissions among the elderly in the united states, 1992–2006’, *Environmental Health Perspectives* **122**(11), 1187–1192.

- Guihur, A. L. Catalán, C. A. (2016), ‘Relación entre capitalización bursátil y el crecimiento económico en el contexto colombiano’.
URL: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165457.pdf>
- Guo, Y., Barnett, A., Pan, X., Yu, W. and Tong, S. (2011), ‘The impact of temperature on mortality in tianjin, china: A case-crossover design with a distributed lag nonlinear model’, *Environmental Health Perspectives* **119**(12), 1719 – 1725.
- Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B., Li, S., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Leone, M., Pan, X., Tong, S., Tian, L., Kim, H., Hashizume, M., Honda, Y., Guo, Y.-L. L., Wu, C.-F., Punnasiri, K., Yi, S.-M., Michelozzi, P., Saldiva, P. H. N. and Williams, G. (2014), ‘Global variation in the effects of ambient temperature on mortality; a systematic evaluation’, *Epidemiology* **25**(6), 781 – 789.
- Hallin, Marc Liška, R. (2007), ‘Determining the number of factors in the general dynamic factor model’, *Journal of the American Statistical Association* **102**(478), 603–617.
- Hamao, Y. (1988), ‘An empirical examination of the arbitrage pricing theory: Using japanese data’, *Japan and the World Economy* **1**(1), 45–61.
- Hassani, H., Rua, A., Silva, E. S. and Thomakos, D. (2019), ‘Monthly forecasting of gdp with mixed-frequency multivariate singular spectrum analysis’, *International Journal of Forecasting* **35**(4), 1263–1272.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207019301311>
- Hassani, H. and Thomakos, D. (2010), ‘A review on singular spectrum analysis for economic and financial time series’, *Statistics and its Interface* **3**, 377–397.
- Hurtado, I. and Ospina, J. (2021), El msci colcap: el nuevo índice bursátil en colombia, Informe especial. Análisis de conyuntura 37, Universidad Eafit.
URL: https://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/cief/Documents/PDF_InformeEspecial_Junio_200210702_compressed.pdf
- Islam, A., Hasanuzzaman, M., Azad, M., Salam, R., Toshi, F., Khan, M., Alam, G. and Ibrahim, S. (2021), ‘Effect of meteorological factors on covid-19 cases in bangladesh’, *Environment, Development and Sustainability* **23**(6), 9139–9162.
- Jabarin, M., Nour, A. and Atout, S. (2019), ‘impact of macroeconomic factors and political events on the market index returns at palestine and amman stock markets number of references 28 number of figures 0 number of tables 8 impact of macroeconomic factors and political events on the market index returns at palestine and amman stock markets’, *Investment Management and Financial Innovations* **16**, 156–167.

- Jiang, P., Liu, Z., Niu, X. and Zhang, L. (2021), ‘A combined forecasting system based on statistical method, artificial neural networks, and deep learning methods for short-term wind speed forecasting’, *Energy* **217**, 119361.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220324683>
- Jimenez, F. (1999), ‘Macroeconomía: breve historia y conceptos básicos’.
URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/6238679.pdf>
- Joaqui-Barandica, O. (2017), Efecto de la tasa de interés mundial sobre los mercados accionarios de economías emergentes, Magister en economía aplicada, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas. Cali.
- Kyaw, N., Los, C. and Zong, S. (2006), ‘Persistence characteristics of latin american financial markets’, *Journal of Multinational Financial Management* **16**, 269–290.
- Lebart, L., M. A. and Piron, M. (1995), ‘Statistique exploratoire multidimensionnelle’, *Dunod Paris* **3**.
- Martin, S. (2012), ‘Macroeconomic variables and stock market: Us review’, *International Journal of Computer Science and Management Studies* **12**, 1–9.
- McCracken, M. and Ng, S. (2016), ‘Fred-md: A monthly database for macroeconomic research’, *Journal of Business Economic Statistics* **34**(4), 574–589.
URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:taf:jnlbes:v:34:y:2016:i:4:p:574-589>
- McCracken, M. W. and Ng, S. (2020), ‘Fred-qd: A quarterly database for macroeconomic research’, *Federal Reserve Bank of St. Louis (Review), First Quarter 2021* **103**(1), 1–44.
- Ministerio de Economía y Finanzas MEF (2022).
URL: https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es&ESItemid=100143&view=article&catid=297&id=2186&lang=es&ES
- MSCI Inc. (15 de noviembre de 2022a), *MSCI Colombia Index*, Technical report.
URL: <https://www.msci.com/documents/10199/6386f1c9-ab47-4185-8196-4f0d0ab3d3cc>
- MSCI Inc. (15 de noviembre de 2022b), ‘MSCI COLCAP Index’.
URL: <https://www.msci.com/our-solutions/indexes/index-profiles/market-cap-weighted/msci-colcap-indexes>
- Olaya, A. F. (2022), Limitantes, soluciones y paso a paso para el acceso al mercado de capitales colombiano de personas naturales, Magister en banca y finanzas, Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Bogotá.
URL: https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/59496/Trabajo_Grado.pdf?sequence=1

- Onatski, A. (2010), ‘Determining the number of factors from empirical distribution of eigenvalues’, *Review of Economics and Statistics* **92**(4), 1004–1016.
- Oviedo-Gómez, A. F. (2017), Medición del impacto de los términos de intercambio sobre la actividad económica colombiana: una aproximación favor, Magister en economía aplicada, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas. Cali.
- Oviedo-Gómez, A. F. and Sierra, L. P. (2019), ‘Importancia de los términos de intercambio en la economía colombiana’, *CEPAL* **128**, 125–154.
- Palomino, J., H. J. . E. V. R. (2017), ‘Análisis macroeconómico del sector construcción en el Perú’, *Quipukamayoc* **25**(47), 91–101.
URL: <https://doi.org/10.15381/quipu.v25i47.13807>
- Peña, D. (2002), *Análisis de Datos Multivariantes*.
URL: https://www.researchgate.net/publication/40944325Analisis_de_Datos_Multivariantes
- Poon, S. and Taylor, S. J. (1991), ‘Macroeconomic factors and the uk stock market’, *Journal of Business Finance and Accounting* **18**(5), 619–636.
- Rapach, D., Wohar, M. and Rangvid, J. (2005), ‘Macro variables and international stock return predictability’, *International Journal of Forecasting* **21**(1), 137–166.
- Real Academia Española RAE (2022a).
URL: <https://dpej.rae.es/lema/mercado-de-valores>
- Real Academia Española RAE (2022b).
URL: <https://dpej.rae.es/lema/capitalizaci%C3%B3n-burs%C3%A1til>
- Real Academia Española RAE (2022c).
URL: <https://dpej.rae.es/lema/mercado-de-valores>
- Rodrigues, P. C., Pimentel, M. and Kazemi, M. (2020), ‘The decomposition and forecasting of mutual investment funds using singular spectrum analysis’, *Entropy* **22**(83).
- Ruiz, J. (2017), ‘Estructura de varianzas entre el mercado financiero mundial y de Colombia’, *Econografos Escuela de Economía* **112**.
- Sierra, O. M. (2012), Índices bursátiles como estrategia de cobertura de riesgo en portafolios de renta variable en Colombia, Magister en ingeniería administrativa, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.
URL: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9695>
- Stock, J. H. and Watson, M. W. (1996), ‘Evidence on structural instability in macroeconomic time series relations’, *Journal of Business and Economic Statistics* **14**, 11–30.

Stock, J. H. and Watson, M. W. (2016), ‘Factor models and structural vector autoregressions in macroeconomics’, *Handbook of Macroeconomics* **2**(A), 415–526.

Universidad Técnica Particular de Loja (2022), ‘Mercado de valores una alternativa al sistema bancario’.

URL: <https://www.utpl.edu.ec/carreras/mercado-de-valores-una-alternativa-al-sistema-bancario>

Uzoagulu, A. (1998), ‘Practical guide to writing project reports in tertiary institutions’, *John Jacobs Classic journals* .