



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – OPTIMIZACIÓN FINANCIERA

CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE ASESORÍA EN INVERSIONES PARA EL
MERCADO DE CAPITALES MEXICANO

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA: JONATHAN ALVAREZ ALCÁNTARA

TUTOR (ES) PRINCIPAL (ES):

M. en I. JORGE RODRIGUEZ RUBIO, Facultad de Ingeniería

Dr. FRANCISCO JAVIER REYES ZÁRATE, Facultad de Ingeniería

CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente:

Secretario:

Vocal:

1^{er.} Suplente:

2^{d o.} Suplente:

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: CIUDAD DE MÉXICO

TUTOR DE TESIS:

M.I. JORGE RODRIGUEZ RUBIO

FIRMA

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
1. CAPÍTULO 1	7
1.1 PROBLEMÁTICA	7
1.2 ANTECEDENTES	10
1.3 ALCANCE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	16
2. CAPÍTULO 2	17
2.1 MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL	17
2.1.1 IMPACTO DE LAS VARIABLES MACROECONÓMICAS EN EL RENDIMIENTO DE ACTIVOS FINANCIEROS.	17
2.1.2 ESTUDIO DE LOS CICLOS ECONÓMICOS	34
2.1.3 EXTERNALIDADES	38
2.2 REVISIÓN METODOLOGICA	39
2.3 METODOLOGÍA	42
2.3.1 PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS	44
2.3.2 PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA EN PRESENCIA DE CAMBIOS ESTRUCTURALES 48	
2.3.3 MODELOS DE COINTEGRACIÓN	51
3. RESULTADOS Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA	63
3.1 DESCRIPCIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	63
3.2 ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN	68
3.2.1 PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA SIN CAMBIO ESTRUCTURAL	68
3.2.2 MODELOS DE COINTEGRACIÓN	73
3.3 ANÁLISIS DE CICLOS ECONÓMICOS	79
3.4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	81
3.5 CONSTRUCCIÓN DEL PORTAFOLIO EFICIENTE	83
3.6 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA	86
3.7 SELECCIÓN DE LAS ACCIONES.	87
3.8 SIMULACION DE INVERSIÓN	91
4. CONCLUSIONES.	94
5 BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Demanda de dinero agregada real y tipo de interés.....	20
Figura 2-2 Determinación de la tasa de interés de equilibrio	21

Figura 2-3 Determinación de la tasa de interés de equilibrio	23
Figura 2-4 Equilibrio simultáneo en el mercado monetario y en el mercado de divisas	27
Figura 2-5 Equilibrio simultáneo en el mercado monetario y en el mercado de divisas	28
Figura 2-6 Efecto de un incremento en el nivel de producción	30
Figura 2-7 Efecto de una perturbación temporal negativa de la oferta.....	31
Figura 2-8 Diagrama de un ciclo económico representativo	35
Figura 2-9 Curva de varianza mínima	59
Figura 3-1 GICSAB.MX precios de cierre de junio 2015 a octubre 2019	65
Figura 3-2 Modelo de cointegración de Engle y Granger para ALSEA.MX y la producción industrial (representación gráfica).....	74
Figura 3-3 Filtro Hodrick-Prescott para extraer el ciclo de una serie de tiempo.	79
Figura 3-4 Modelo MVC.....	82
Figura 3-5 Producción Industrial (logaritmos)	88
Figura 3-6 Tipo de cambio MXN/USD (logaritmos).....	89
Figura 3-7 Agregado monetario M1 (logaritmos).....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Matriz de correlación entre las principales emisoras seleccionadas.	67
Tabla 3-2 Salida de la prueba de raíz unitaria para la serie de logaritmos de ALSEAA.MX.	69
Tabla 3-3 Muestra la salida de la prueba de raíz unitaria de Phillips y Perron.	70
Tabla 3-4 Salida de la prueba de raíz unitaria de Zivot-Andrews para la serie de logaritmos de ALSEAA.MX	71
Tabla 3-5 Resumen con los resultados de las pruebas de raíz unitaria para cada serie de tiempo.....	72
Tabla 3-6 Modelo de cointegración de Engle y Granger para ALSEA.MX y la producción industrial.	74
Tabla 3-7 Prueba de raíz unitaria ADF sobre los residuos del modelo.	76
Tabla 3-8 Resumen de las pruebas de cointegración de Engle y Granger.	77
Tabla 3-9 Prueba de cointegración de Gregory-Hansen del modelo con salto.....	78
Tabla 3-10 Resumen de las pruebas de Gregory-Hansen para todos los modelos.	78
Tabla 3-11 Resumen de resultados del análisis de ciclos económicos.....	80
Tabla 3-12 Rendimientos con el portafolio con metodología.	93
Tabla 3-13 Rendimientos con el portafolio con metodología.	94

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 3-1 Pantalla principal del sitio web	85
Imagen 3-2 Cálculo del portafolio de inversión a través de la herramienta web.....	86
Imagen 3-3 Cálculo del portafolio de inversión con metodología.	91
Imagen 3-4 Cálculo del portafolio de inversión sin metodología	92

RESUMEN

Son muchos los estudios que han aportado evidencia sobre una relación económica entre variables macro y los índices bursátiles, en estos estudios se han probado diversos métodos econométricos para demostrar dicha relación. Durante esta investigación se pretende demostrar que las variables macroeconómicas generan un efecto de externalidad que se puede diversificar al elegir acciones que coticen en la BMV dependiendo de la fase del ciclo económico en el que se encuentren las variables macro y la relación de cointegración entre dichas variables y la acción elegida.

ABSTRACT

Some studies have provided evidence about an economic relationship between macro variables and stock indices. Many econometric methods have been tested to demonstrate this relationship. This research aims to demonstrate that macroeconomic variables cause an externality effect that can be diversified by choosing shares listed on the BMV depending on the phase of the economic cycle in which the macro variables are found and the cointegration relationship between these variables and the selected action.

INTRODUCCIÓN

El mercado de inversión en México proporciona una amplia gama de instrumentos financieros, desde los certificados de la tesorería del Banco de México (Cetes) hasta productos derivados. Como se sabe, diferentes instrumentos proporcionan al tenedor diferentes niveles de riesgo y rendimiento, además de la complejidad que representa cada uno. La inversión en Cetes es más fácil de calcular en comparación con una inversión en acciones, ETF's o derivados, debido a que la valuación de dichos activos requiere un mayor conocimiento e investigación.

De acuerdo con cifras de eToro¹ solo 35 de cada 10,000 mexicanos de la población económicamente activa (PEA) invierte en la Bolsa Mexicana de Valores. Esto podría estar influenciado por el miedo a perder su patrimonio y la incertidumbre sobre las ganancias esperadas. Además, la población aún desconoce las nuevas plataformas que permiten invertir en bolsa con un monto muy bajo. Sin embargo, desde la perspectiva de la presente investigación, una de las razones más importantes que limitan al público es el desconocimiento sobre estrategias de inversión ¿Cuáles son las mejores emisoras de entre la amplia gama disponible? ¿Cuánto debería invertir en cada una de ellas?

La investigación que se presenta a continuación tiene como objetivo desarrollar una plataforma para que las personas se decidan a invertir, la plataforma proporciona estrategias de inversión e intenta corregir la práctica actual en la que sólo un público privilegiado puede acceder a este tipo de asesoría. La plataforma que se plantea estará construida sobre la metodología que proponemos para prever el movimiento futuro del precio de las acciones y estará sustentada en procesos econométricos y de análisis económico.

El estudio se divide en cuatro apartados. En el primero se explica la problemática que se busca resolver, los estudios previos que han tratado de darle solución y el

¹ eToro es un bróker especializado en social trading, que opera múltiples instrumentos financieros tales como acciones, divisas, futuros, opciones y criptomonedas.

alcance de la investigación. El segundo apartado detalla el marco teórico y conceptual de la investigación, esta sección se puede ver como el esqueleto del proyecto debido a que presenta las bases teóricas que sustentan los cálculos y, sobre todo, las conclusiones. Se describen brevemente los mecanismos de transmisión entre variables macroeconómicas, cómo estas afectan a los precios en el mercado accionario y los procedimientos econométricos para medirlos. El tercer apartado presenta los resultados de los cálculos realizados y muestra la herramienta que se construyó para presentarlos al inversionista. Finalmente, el cuarto apartado muestra un experimento donde se ponen a prueba los cálculos y la herramienta en un caso real de construcción de portafolio de inversión.

1. CAPÍTULO 1

1.1 PROBLEMÁTICA

El propósito central de esta investigación es ofrecer una plataforma web que ofrezca recomendaciones de inversión al segmento de la población que busca invertir en activos financieros pero que no pueden alcanzar asesoramiento a través de una institución financiera por no contar con los recursos suficientes, pero que, a su vez, tienen un monto considerable de ahorro que es posible invertir.

El asesoramiento propuesto por la herramienta se basa en cálculos que buscan describir los efectos que los ciclos económicos tienen sobre el comportamiento de los rendimientos en un activo financiero, para probar que existen externalidades provocadas por el entorno económico que afectan a los activos financieros de forma indirecta. Se selecciona un determinado grupo de variables macroeconómicas para el caso de México. La variable dependiente puede definirse como los rendimientos obtenidos por algún activo financiero dado, mientras la variable independiente está representada por el comportamiento cíclico de la economía mexicana. Conociendo la dinámica cíclica de estos activos se compone el portafolio de inversión a decisión del usuario.

Las metodologías actuales para construir portafolios se basan en la minimización del riesgo, medido a través de una volatilidad baja. Sin embargo, se deja de lado el hecho de que existen externalidades que, aunque no son fáciles de medir, afectan al rendimiento de las inversiones. Por tal motivo, es necesaria una medición del grado en que estos factores externos se acoplan a la dinámica de los activos.

En términos generales, la investigación buscará dar respuesta a lo siguiente: ¿Es posible conformar un portafolio de inversión a través de la sincronización de los ciclos económicos con las dinámicas de los activos financieros? ¿Se puede construir una aplicación que sea útil para las personas que aún no se involucran en el mercado de inversiones en México? ¿Es posible eliminar, o en su defecto, reducir el efecto de las externalidades provocadas por los ciclos económicos en el comportamiento de un portafolio de inversión? Una vez conocida la dinámica de los ciclos económicos es necesario saber ¿Cómo se puede elegir el conjunto de activos financieros para un portafolio de inversión que, en su forma agregada, minimicen el efecto provocado por las externalidades existentes en su forma individual? Finalmente, a manera de metodología buscamos conocer si ¿Es posible aplicar el modelo de cointegración para medir el posible efecto que provocan los ciclos económicos sobre un portafolio de inversión?

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es demostrar la existencia de los efectos entre las externalidades generadas por el ciclo económico y los activos financieros que conforman un portafolio de inversión. El objetivo general será analizar la posibilidad de eliminar o minimizar los efectos provocados por las externalidades de un ciclo económico en el rendimiento de un portafolio de inversión. Para esto, primero es necesario estimar el efecto de una externalidad en el rendimiento de una acción y determinar la forma de conocer el conjunto de emisoras que neutralizan entre sí, el efecto provocado por externalidades presentes en su forma individual.

La elaboración de la presente investigación es importante debido a su utilidad práctica. El público inversionista está en un constante cambio sobre sus expectativas acerca del futuro de la economía, un público más especializado está preocupado por utilizar los métodos de conformación de portafolios que arrojen mejores resultados en cuanto rendimiento; es decir, los agentes buscan siempre maximizar su beneficio. Sin embargo, minimizar el riesgo (o maximizar el beneficio) de un portafolio no es suficiente para garantizar un alto rendimiento, se deben considerar factores externos (externalidades), de los cuales no tiene control ni el inversionista ni los emisores de activos financieros. En la actualidad no existe una metodología aplicable a la medición de dichas externalidades en portafolios de inversión. De esta forma la investigación proporcionará una herramienta útil para mejorar el rendimiento de un portafolio de inversión. En México sólo 35 de cada 10,000 personas de la Población Económicamente Activa (PEA) invierten en bolsa, contrario a Estados Unidos en donde por cada 100 personas, 60 invierten en bolsa Notimex (2018).

Del anterior contexto se indica un problema en el sector financiero mexicano. El hecho de que el público no esté invirtiendo en la Bolsa reduce también el financiamiento de las empresas listadas en ella, lo que obstaculiza el crecimiento económico, medido por el aumento de las inversiones y un consecuente incremento de la oferta de bienes y servicios. Entre las causas por las que las personas no utilizan activos financieros se encuentran los siguientes: la creencia común sobre las inversiones se piensa que solo es accesible con grandes cantidades de dinero y; por otro lado, la aversión al riesgo de perder su dinero por la caída en el precio de las acciones. Esta investigación pretende brindar mayores herramientas sobre el comportamiento histórico del mercado para que el público pueda tomar decisiones de inversión y de esta manera aumente la participación en el mercado financiero. Se pretende que los principales beneficiados con esta herramienta sean el público que actualmente ya invierte en la BMV pero, de igual forma, se espera captar la atención del público no inversionista. Así, la

investigación cumple con su responsabilidad ante la sociedad al proveer una fuente de información financiera.

Con la presente investigación también se pretende aportar mayor conocimiento sobre el comportamiento de los rendimientos en el mercado financiero y su sensibilidad ante el entorno económico, que hasta el día de hoy carece de mediciones formales. Como se explicará más adelante, está delimitado al mercado accionario mexicano; sin embargo, pone las bases para ampliar la investigación hacia un modelo de economía internacional. Finalmente, la aplicación es susceptible de mejoras, con la posibilidad de añadir nuevas metodologías que se ajusten mejor a la dinámica de ciertos activos financieros.

La investigación también sirve para crear una base de datos con la cual la aplicación mejorará la toma de decisiones y ayudará a la forma en la que experimentamos dentro del estudio de los ciclos económicos.

Evaluando la viabilidad del estudio se encuentra que es altamente alcanzable debido a que no es necesario destinar grandes recursos económicos para su realización, tampoco es necesario hacer alguna experimentación en campo o levantamiento de encuestas. La fase de experimentación se realizará una vez construida la herramienta y se hará a través de medios electrónicos.

1.2 ANTECEDENTES

Estudios previos buscan medir el comportamiento del ciclo económico a través del ciclo bursátil; es decir, que el segundo tiene una relación de causalidad con el primero. Del Real Santos (2005), busca comprender la relación que existe entre estas dos variables con el objetivo de comprender si el mercado bursátil resulta un buen predictor del ciclo económico y cumple con la función de dar una aproximación a la conceptualización básica de los ciclos económicos. En el mismo sentido, Martínez (2017) desarrolla una investigación con enfoque descriptivo de la relación que guarda el mercado accionario con el ciclo económico.

En cuanto a investigaciones con un enfoque de causalidad se encuentran los de Pinilla (2014), quien utiliza vectores autoregresivos (VAR) para deducir si una economía está en auge, recuperación, estancamiento, contracción, depresión o recesión a través de los índices del mercado bursátil concluyendo que existe una causalidad entre el índice accionario y el PIB; Quiroga (2013), quien busca evaluar si el comportamiento de la volatilidad del mercado de capitales se relaciona con el crecimiento económico, utiliza modelos econométricos de medias móviles para la estimación y concluye que existen una relación positiva en un 68% que se deriva del R-cuadrado del modelo. Nolan (2009), también intenta medir cómo los choques en el sector financiero afectan al ciclo económico, en específico a la productividad total de los factores, a través de modelos autoregresivos y concluye que estos choques contribuyen significativamente a la varianza de las series de tiempo macroeconómicas.

El objetivo de esta investigación es estimar una relación de causalidad en sentido contrario a estos trabajos. Por ejemplo, Candela (1997) busca sustentar que el comportamiento del mercado de valores ha sido susceptible al comportamiento de las principales variables macroeconómicas y concluye que su comportamiento presenta un alto grado de correlación.

Niño (2012) busca comprobar si las decisiones de política monetaria afectan o inciden en la dinámica del mercado accionario. Muñoz y Recabal (2007), buscan estimar el tiempo en el que la política monetaria tarda en impactar a los distintos sectores del mercado accionario llegando a conclusiones interesantes para el caso de Chile. Por ejemplo, en el sector servicios se observan entre 6 y 12 meses, con un caso especial sobre el subsector de servicios básicos en donde impacta en el mismo mes en el que es publicado. Para el sector comercio el efecto no es tan significativo y tampoco es del todo inmediato, estimaron que tarda entre 11 y 18 meses en concretarse. En general, un aumento de la política monetaria se traduce en expectativas de caídas en los rendimientos anuales del mercado en un periodo

promedio de 11 a 15 meses posteriores a la fecha de anuncio de la nueva tasa de interés.

El trabajo de Muñoz y Recabal (2007), demuestra el tipo de causalidad que se pretende estimar en la presente investigación. Es decir, se supondrá al mercado financiero como variable dependiente mientras que las variables macroeconómicas serán las variables independientes. Sin embargo, para aportar mayor robustez al modelo se pretende agregar, además de política comercial, los efectos que provocan otras variables macroeconómicas. Ellos llegan a la conclusión de que ante aumentos en la tasa de política monetaria los rendimientos del mercado accionario disminuirán y sus efectos serán perceptibles hasta 18 meses posteriores al anuncio del emisor.

Investigaciones reconocidas en el campo, como la de Chen, Roll y Ross (1986) analizan variables macroeconómicas y su influencia en el precio de los activos en el mercado financiero, este trabajo ha sido aplicado incluso a mercados de otros países. Ellos consideran siete variables: producción industrial, inflación no anticipada, prima de riesgo no anticipada, estructura de términos no anticipados, índices de mercado (EWNY y VWNY), consumo y precios del petróleo. El análisis abarca un periodo que va de 1958 a 1984 y concluyen que: la producción industrial, los cambios en la prima de riesgo y la inflación no anticipada en una escala menor, son significativos explicando los rendimientos esperados. Por otro lado, los índices de mercado, el consumo y sobre todo los precios del petróleo no presentaron impacto alguno.

Poon y Taylor (1991) reconsideraron el trabajo de Chen, Roll y Ross (1986) para aplicarlo al mercado de Reino Unido mientras que Mukherjee y Naka (1995) intentan comprobar si el mercado accionario en Japón está correlacionado con un grupo de 6 variables macroeconómicas: tipo de cambio, inflación, oferta de dinero, actividad económica real, tasa de interés de los bonos a largo plazo y la tasa de interés de la adquisición de dinero. Ellos utilizan el método de cointegración a

través de un Modelo de Vector de Corrección de Errores (MVEC) para tratar de probar si existe una relación de largo plazo entre las variables macroeconómicas y el índice de bursátil de la bolsa de valores de Tokyo para un periodo de 1971 a 1990 en una frecuencia mensual. Concluyen que en realidad existe un modelo de cointegración y que, de hecho, los precios de las acciones contribuyen a esta relación.

Flannery y Protopapadakis (2002), extienden el modelo de CRR comparando la volatilidad condicional entre rendimientos de acciones y 17 variables macroeconómicas y utilizan modelos GARCH con series de rendimientos diarios para un periodo de 1980 a 1996. Ellos concluyen que estos factores generan una influencia relevante para los inversionistas.

De acuerdo con ellos, los modelos planteados por Chen, Roll y Ross (1986), podrían fallar al detectar importantes efectos macroeconómicos sobre el rendimiento del portafolio por varias razones. Primero, la valuación del portafolio excluye importantes fuentes de riqueza que no son contemplados. Segundo, los rendimientos mensuales incorporan enormes cantidades de información que pueden hacer difícil de detectar los impactos de los descubrimientos macroeconómicos, ellos usan información diaria para medir de mejor manera el impacto. Finalmente, aplicando un modelo como el de Chen, Roll y Ross (1986), para estimar un coeficiente que realmente varia a través del tiempo podría causar importantes problemas de estimación.

De una forma más general, Hamilton y Lin (1996) buscan comprobar la existencia de una única variable (El estado de la economía) que determina la producción industrial y la volatilidad del mercado de capitales a través de un modelo de cambios en el proceso ARCH que caracteriza los rendimientos y encuentran un modelo que es útil tanto para pronosticar la volatilidad de los activos como para identificar y pronosticar puntos de quiebre económicos.

Estos estudios dan muestra de la relevancia que tiene el comportamiento macroeconómico en el mercado accionario y qué efecto causan ciertas variables como los agregados monetarios, la balanza comercial, indicadores de empleo, producción industrial o el producto interno bruto en el mercado accionario. Sin embargo, no se ha encontrado alguna investigación que aporte evidencia sobre el impacto que tendrían estas variables en un portafolio de inversión en específico, en realidad, Flannery y Protopapadakis (2002), lo delegan como un tema que queda pendiente por comprobar. En este sentido, el presente trabajo partirá de los resultados de CRR (1986), Poon y Taylor (1991), Mukherjee y Naka (1995) y Flannery y Protopapadakis (2002), asumiendo que el mercado bursátil es alterado cuando se modifican las variables económicas, pero será abordado a través de un modelo de cointegración y de análisis de ciclos económicos en lugar de los modelos GARCH utilizados por los autores.

Respecto al análisis de ciclos económicos, Arshad (2016), analiza la relación entre la volatilidad de los índices accionarios islámicos y el ciclo económico y evalúa en qué medida difieren. Lo anterior bajo la idea de que es posible que exista una relación causal entre el desempeño del mercado de valores y los ciclos económicos. Para comprobar lo anterior primero utiliza el filtro Christiano-Fitzgerald sobre series de rendimientos diarios de los índices accionarios y después los procesa a través de un modelo E-GARCH debido a que este modelo ayuda a capturar respuestas asimétricas en la varianza condicional a un nivel superior. No obstante, llega a la conclusión de que el impacto de los movimientos del ciclo económico no afecta a los índices de forma separada, pero proporciona líneas interesantes de estudio que aún están por estudiarse. Entre sus recomendaciones se encuentra el uso de periodos diferentes de análisis, otras frecuencias en los datos y filtros más rigurosos.

Dées y Zorell (2011), estudian como el modelo actual de comercio genera un mayor vínculo entre los ciclos económicos de las economías además de la integración financiera. A través del procedimiento de Hodrick-Prescott procesa las

series financieras junto con la producción industrial de varios países y demuestran a través de una relación indirecta que la integración financiera tiende a crear comovimientos en los ciclos económicos entre países.

En términos tecnológicos existen algunas plataformas que brindan asesoramiento sobre inversiones como: Economática y Sibolsa; la primera es una institución independiente creada en Brasil pero que actualmente tiene penetración en el mercado mexicano y la segunda es provista por la Bolsa Mexicana de Valores. Ambas plataformas presentan cotizaciones actualizadas sobre casi todos los activos financieros. Economática, por su parte, provee de herramientas de análisis para inversiones como Markowitz; por otro lado, Sibolsa, también ofrece cotizaciones y herramientas estadísticas. No obstante, ninguna de las plataformas utiliza la metodología propuesta en esta tesis para ayudar a los inversionistas a tomar mejores decisiones, ambas utilizan procedimientos que no consideran la dinámica de los ciclos económicos o de alguna variable macroeconómica.

En esta investigación se considera que un componente primordial para la conformación de un portafolio de inversión es la actividad económica, medida como el ciclo económico de las variables macroeconómicas más importantes y que serán consideradas como externalidades a los rendimientos del portafolio; pero, por otro lado, el análisis de riesgo que plantea Markowitz (1952), ha generado una profunda renovación en la investigación científica dentro de la economía financiera, centrada en la gestión del riesgo. Propone una metodología para la asignación de recursos dentro de un portafolio de inversión, la cual está dirigida a minimizar el riesgo distribuyendo un porcentaje menor de los recursos a activos financieros con un menor grado de riesgo-rendimiento y asignando un porcentaje mayor a activos con un mejor balance entre estas dos variables. Siguiendo la metodología de Markowitz (1952), logramos minimizar el riesgo dentro de un portafolio, lo que en consecuencia llevaría al inversionista a tomar mejores decisiones.

Sin embargo, no debemos olvidar que tanto el riesgo como el rendimiento son provocados por los movimientos propios del mercado y desde el enfoque de Markowitz (1952), ambos están dados y sólo se mide su efecto a través del análisis de la serie estadística lo que no permite anticipar una mejor distribución de los recursos, sino, más bien, reaccionar a los acontecimientos que ya han ocurrido.

Por lo tanto, se pretende proporcionar un modelo que permita incluir en el portafolio de inversión información valiosa acerca del posible efecto de externalidades en la economía sobre los activos financieros elegidos, de acuerdo con el mercado al que pertenezca. La importancia del trabajo radica en que permitirá al inversionista obtener mejores rendimientos al ayudarlo a mejorar la toma de decisiones.

1.3 ALCANCE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La revisión de documentación incluye en su mayoría trabajos que intentan aportar evidencia acerca de una posible correlación entre variables. En este caso tratan de medir una causalidad del entorno macroeconómico (medido por cierto número específico de variables macro) sobre el comportamiento del mercado de capitales (medido por cierto número de activos financieros). En algunos casos comienzan a explicar qué es lo que origina dicha correlación entre variables. De igual forma, son pocos los documentos revisados que pretenden vislumbrar el panorama de investigación.

Por otro lado, existe literatura suficiente sobre el tratamiento de cada una de las variables macroeconómicas que se utilizarán en esta investigación. También es basto el conocimiento sobre el comportamiento de los mercados de valores, históricamente ha representado el foco de interés de la comunidad científica. Debido a lo anterior, la investigación parte ya de un extenso conocimiento de las variables por lo que tendrá un alcance correlacional y explicativo.

Se realizará un estudio experimental de series de tiempo debido a que los datos sobre los precios de activos financieros y variables macroeconómicas serán obtenidos de una fuente oficial. En el capítulo dos se revisará a detalle la metodología que se seguirá para la realización de los experimentos.

Utilizando las cifras oficiales y las metodologías revisadas a lo largo de la investigación se construirá un sitio web en lenguaje C# a través de Visual Studio.

2. CAPÍTULO 2

2.1 MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

A continuación, se desarrollará el marco teórico de la investigación. Se presentará un breve esbozo de las investigaciones relacionadas, para situar el planteamiento propuesto dentro del campo de conocimiento sobre el tema. Propiamente, la teoría no trata directamente con inversión en activos financieros, pero sí lo hace a través de los movimientos de la tasa de interés. Suponemos, entonces, que los cambios de tasa de interés propician en el público inversionista alteraciones en su toma de decisiones, podrían elevar su tenencia de títulos de deuda gubernamental o inversiones a plazo en instituciones bancarias en lugar de tenencias de acciones, lo que altera la demanda y el precio de las mismas.

2.1.1 IMPACTO DE LAS VARIABLES MACROECONÓMICAS EN EL RENDIMIENTO DE ACTIVOS FINANCIEROS.

2.1.1.1 INFLACIÓN

Mukherjee y Naka (1995) demostraron que existe una relación negativa entre el comportamiento del mercado accionario de Tokio y la inflación ((CRR llegan a una relación similar)). Sin embargo, Humpe y Macmillan (2007), demostraron a través de un modelo de cointegración con un vector de corrección de error que la influencia del nivel de precios sobre el precio de las acciones es negativa sólo indirectamente a través del coeficiente de la producción industrial. Este resultado sorprendentemente difiere de las conclusiones de Mukherjee y Naka (1995).

Una razón para tal diferencia podría deberse al largo periodo de estudio. Mientras que Mukherjee y Naka usan información de 1971 a 1990 que corresponde a un periodo de inflación elevada en Japón y un crecimiento estable de la producción industrial. Mientras que Humpe y Macmillan usan un periodo de fuerte deflación y una estancada pero volátil producción industrial. Lo cual podría reducir la magnitud de cualquier relación negativa para el resto del periodo.

2.1.1.2 OFERTA MONETARIA Y TASA DE INTERÉS

La oferta monetaria representa la cantidad total de dinero que circula en la economía. Para el caso de México, ésta es determinada por el Banco de México. Tal como lo explican Abel y Bernanke (2004), el Banco puede aumentar la cantidad de dinero que circula a través de una compra de mercado abierto en donde intercambia activos financieros emitidos por el Estado (títulos de deuda) por dinero, de esta forma eleva el nivel de oferta monetaria (hay más dinero circulando en la economía) porque los tenedores de estos títulos deciden cambiarlos por dinero. De forma análoga, puede realizar una venta de mercado abierto para intercambiar dinero por activos financieros emitidos por el Estado para retirar dinero de la economía, en esta operación el Banco pone en manos del público títulos de deuda y les retira dinero. De esta forma, el Banco de México controla la oferta monetaria a través de operaciones de mercado abierto. Para esta investigación supondremos que la oferta monetaria está dada por el agregado monetario M4² publicado por el Banco de México.

Una vez definida la oferta monetaria, es importante analizar las razones que determinan la demanda de dinero por parte de los agentes económicos, una vez comprendidos ambos conceptos se presentarán en el equilibrio del mercado de activos para determinar la tasa de interés.

² De acuerdo con el Banco de México, el agregado monetario compuesto por el M3 más la tenencia por parte de no residentes de todos los instrumentos incluidos en M3. A su vez el M3 incluye todos los instrumentos altamente líquidos, instrumentos monetarios a plazo y valores públicos.

De acuerdo con Abel y Bernanke (2004). El conjunto de activos que decide tener en su poder un agente se denomina cartera. La decisión sobre el tipo de activos que va a tener y la cantidad de cada uno se denomina decisión sobre la asignación de cartera. Para decidir entre la amplia gama de activos, se necesitan considerar tres aspectos de los activos: el rendimiento esperado, el riesgo y la liquidez.

La tasa de rendimiento esperado es la tasa de aumento de su valor por unidad de tiempo. Es evidente que un rendimiento elevado es una característica deseable para tener un activo, por supuesto que el rendimiento de un activo es incierto de antemano. Por lo tanto, las decisiones sobre la asignación de la cartera deben basarse en los rendimientos esperados. El riesgo está relacionado con la incertidumbre sobre el rendimiento del activo. Un activo o una cartera de activos tiene un elevado riesgo si existen considerables probabilidades de que el rendimiento efectivo obtenido sea muy diferente del esperado.

Finalmente, la liquidez de un activo es la facilidad y la rapidez con la que puede intercambiarse por bienes y servicios u otros activos. La liquidez, además de facilitar y abaratar las transacciones, da flexibilidad al poseedor de riqueza. Así pues, manteniéndose todo lo demás constante, cuanto más líquido es un activo, más atractivo es para los propietarios de riqueza.

Abel y Bernanke (2004), también afirman que normalmente existe una disyuntiva entre las tres características que hacen deseable un activo. La esencia de la decisión sobre la asignación de la cartera es averiguar qué activos logran en conjunto la combinación de rendimiento esperado, seguridad y liquidez que prefiere el propietario de riqueza.

Utilizándose el análisis anterior deducir las causas que condicionan la demanda agregada de dinero, es decir, la demanda total de dinero de todos los particulares y todas las empresas de una economía. Krugman y Obstfeld (2006), definen tres

factores que determinan la demanda de dinero: la tasa de interés, el nivel de precios y la renta nacional. Si P es el nivel de precios, R es la tasa de interés e Y es el PIB, la demanda agregada de dinero M^d se puede expresar como:

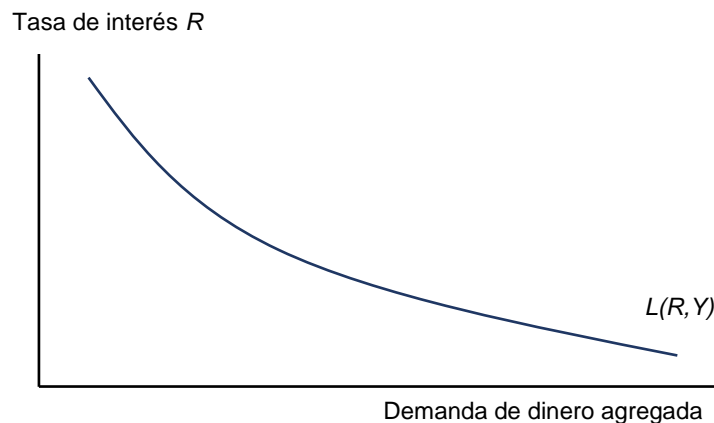
$$M^d = P * L(R, Y) \quad (2.1)$$

donde el valor de $L(R, Y)$ disminuye a medida que R aumenta, y aumenta conforme Y crece. La demanda agregada permanece proporcional al nivel de precios. Generalmente la ecuación anterior se escribe de la siguiente forma:

$$\frac{M^d}{P} = L(R, Y) \quad (2.2)$$

y definimos a $L(R, Y)$ como la demanda de dinero agregada real. Esta nueva forma de expresar la demanda de dinero no está expresada en términos de unidades monetarias sino de poder adquisitivo. La Figura 2-1 muestra cómo depende la demanda de dinero agregada real del tipo de interés para un determinado nivel de renta real dado, Y . La función de demanda de dinero agregada real $L(R, Y)$ tiene pendiente negativa, ya que una caída del tipo de interés incrementa la cantidad de dinero en términos reales, que desean mantener cada particular y cada empresa de la economía.

Figura 2-1 Demanda de dinero agregada real y tipo de interés



Fuente: Krugman y Obstfeld (2006)

Ahora procederemos a igualar la demanda agregada real de dinero con la oferta monetaria M^s , la condición de equilibrio en el mercado monetario es

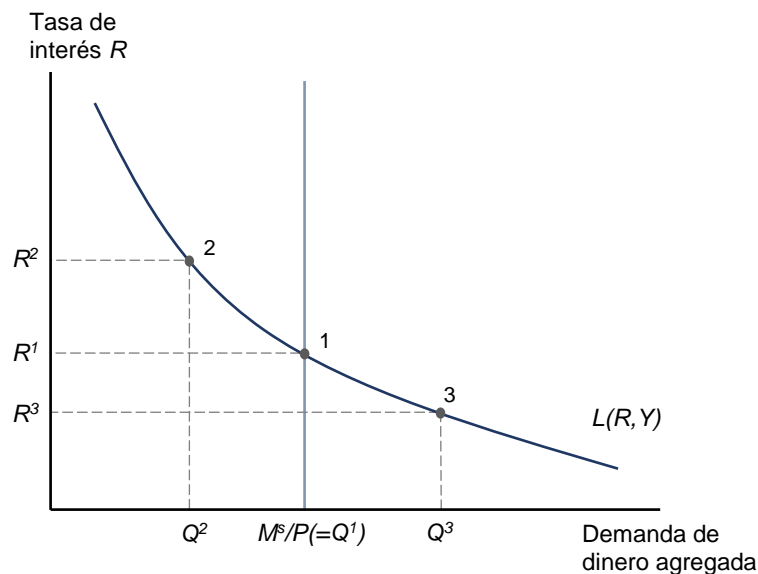
$$M^s = M^d \quad (2.3)$$

Después de dividir ambos miembros de esta igualdad por el nivel de precios, podemos expresar la condición de equilibrio del mercado de dinero en términos de la demanda de dinero agregada real como:

$$\frac{M^s}{P} = L(R, Y) \quad (2.4)$$

Dados el nivel de precios, P , y el nivel de producción, Y , el tipo de interés de equilibrio es aquel al que la demanda de dinero agregada real es igual a la oferta de dinero real. En la Figura 2-2, la función de demanda de dinero agregada real cruza la función de oferta monetaria real en el punto 1, dando lugar a un tipo de interés de equilibrio R^1 . La función de oferta monetaria es vertical en M^s/P porque M^s está determinada por el banco central, mientras que P se toma como un dato.

Figura 2-2 Determinación de la tasa de interés de equilibrio



Fuente: Krugman y Obstfeld (2006)

En el punto 2, la demanda real de dinero es inferior a la oferta, por lo que se produce un exceso de oferta monetaria. Si los agentes mantienen una mayor cantidad de dinero de la que desean, dado el tipo de interés R intentarán reducir

su liquidez utilizando algo de dinero para adquirir activos. Sin embargo, el número de agentes que intentan prestar dinero para reducir su liquidez es superior al de las que desean endeudarse para incrementar la suya. Aquellos que no pueden deshacerse del exceso de liquidez intentan convencer a los prestatarios potenciales, ofreciéndoles aplicar a sus préstamos un tipo de interés inferior a R^2 . La presión a la baja en los tipos de interés continuará hasta que se alcance R^1 . Con este tipo de interés, cualquier persona que desee prestar dinero podrá hacerlo, porque el exceso de oferta monetaria habrá desaparecido, es decir, de nuevo la oferta es igual a la demanda. Cuando el mercado alcanza el punto 1, desaparece, por tanto, la tendencia a la baja del tipo de interés.

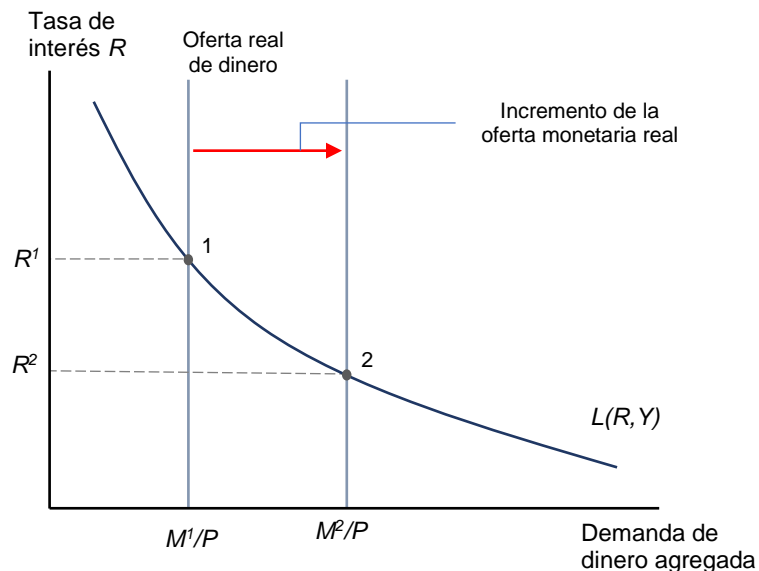
En el punto 3 existe un exceso de demanda de dinero. Por tanto, los particulares tratarán de vender sus activos generadores de intereses, tales como los bonos, para incrementar su disponibilidad de dinero (es decir, venden bonos por efectivo). En el punto 3, sin embargo, no todo el mundo puede vender los suficientes activos generadores de intereses para satisfacer su demanda de dinero. Es decir, los particulares pujarán por el dinero aceptando endeudarse a un tipo de interés cada vez más elevado, empujando el tipo de interés al alza hacia R^1 . Los tipos de interés dejarán de subir sólo cuando el mercado haya alcanzado el punto 1 y se haya eliminado el exceso de demanda de dinero.

Podemos resumir nuestras conclusiones de la siguiente manera: el mercado siempre se mueve hacia un tipo de interés al que la oferta monetaria en términos reales es igual a la demanda de dinero agregada real. Si inicialmente existe un exceso de oferta monetaria, el tipo de interés baja, y sube si inicialmente hay un exceso de demanda. Por otro lado, el efecto de incrementar la oferta monetaria a un nivel de precios dado queda reflejado en la Figura 2-3.

Inicialmente, el mercado de dinero se encuentra en equilibrio en el punto 1, con una oferta monetaria M^1 y un tipo de interés R^1 . Un incremento de la oferta de dinero a M^2 aumenta la oferta monetaria real de M^1/P a M^2/P . Ahora, el punto 2

es el nuevo equilibrio y R^2 el nuevo tipo de interés más reducido, que induce a los particulares a mantener en efectivo el aumento de la oferta monetaria real disponible. Cuando el banco central haya aumentado M^s existirá inicialmente un exceso de oferta real de dinero al tipo de interés anterior R^1 , que equilibraba el mercado. Desde el momento en que los particulares están manteniendo más dinero del que desean, utilizarán el exceso de fondos para adquirir valores que rindan intereses. La economía en su conjunto no puede reducir el dinero que mantiene, por lo que los tipos de interés serán impulsados a la baja a medida que los tenedores de dinero compitan por prestar su exceso de liquidez. En el punto 2 el tipo de interés ha caído lo suficiente como para generar un incremento de la demanda real de dinero que iguale el incremento de la oferta real de dinero.

Figura 2-3 Determinación de la tasa de interés de equilibrio



Fuente: Krugman y Obstfeld (2006)

En el caso contrario, una reducción de la oferta de dinero fuerza al alza los tipos de interés. Una caída de M^s produce un exceso de demanda monetaria al tipo de interés que previamente equilibraba la oferta y la demanda. Los particulares intentan vender los activos que rinden intereses, es decir, piden prestado, con el

fin de recomponer su liquidez mermada. Desde el momento en que no todos ellos tendrán éxito en su intento cuando exista un exceso de demanda de dinero, el tipo de interés se ve presionado al alza hasta que todos están satisfechos de mantener el stock de dinero real más reducido. Concluimos que un incremento de la oferta monetaria reduce el tipo de interés, mientras que una caída de la oferta monetaria eleva el tipo de interés, dados el nivel de precios y el nivel de producción.

De lo anterior podemos afirmar que los movimientos de la oferta monetaria generan un cambio tanto en la demanda de dinero como de la tasa de interés lo que motiva a intercambiar activos que presenten una mejor rentabilidad. Podríamos afirmar que tiene un efecto en la conformación de un portafolio de inversión debido a que un aumento en la tasa de interés podría motivar al inversionista a intercambiar activos con mayor riesgo por certificados de la tesorería con riesgo más bajo a un rendimiento superior que el que presentaban en el periodo anterior, lo que lo convierte en una mejor opción para invertir.

Al respecto, Mukherjee y Naka (1995) comprueban que la relación de equilibrio entre el mercado de capitales y la oferta de dinero es positiva, lo que podría implicar que en Japón este efecto positivo medido por un aumento de las ganancias corporativas potencializa su efecto negativo como resultado de un incremento de la inflación.

Por su parte, Humpe y Macmillan (2007), analizan la oferta monetaria a través del agregado M1 y obtuvieron un coeficiente negativo significativo. Este resultado, consideran los autores, es inesperado, pero también podría estar ligado, al menos parcialmente, a las dificultades enfrentadas por Japón desde 1990.

Finalmente, Walker (1998), realiza un estudio aplicado al caso chileno para medir como un impacto de la variación en las tasas de interés explican un porcentaje significativo del movimiento accionario. Asimismo, se encuentra que los mercados financieros son exitosos prediciendo el nivel de actividad económica hasta con aproximadamente dos años de anticipación. Walker, utiliza información de tasas

de interés de los bonos del gobierno chileno y el pago de dividendos derivado del Índice de Precios Selectivos de Acciones (IPSA), que representa las 40 acciones más transadas y al Índice General de Precios (IGPA), que representa a la totalidad de las acciones transadas de la bolsa de comercio de Santiago para el periodo de 1983 a 1995. Construye una serie (*dividend yield*) de dividendos pagados durante doce meses y relaciona el Indicador Mensual de Actividad Económica (IMACEC) como una medida de los resultados de flujo de caja para las empresas. La predicción de dicho indicador sería valiosa para predecir el resultado futuro de las empresas. Walker concluye que la rentabilidad accionaria histórica es útil para predecir el crecimiento futuro, con hasta dos años de anticipación. Por su parte, el crecimiento de la producción de hasta dos años en el futuro es significativo para explicar los rendimientos accionarios del pasado.

2.1.1.3 TIPO DE CAMBIO A CORTO PLAZO

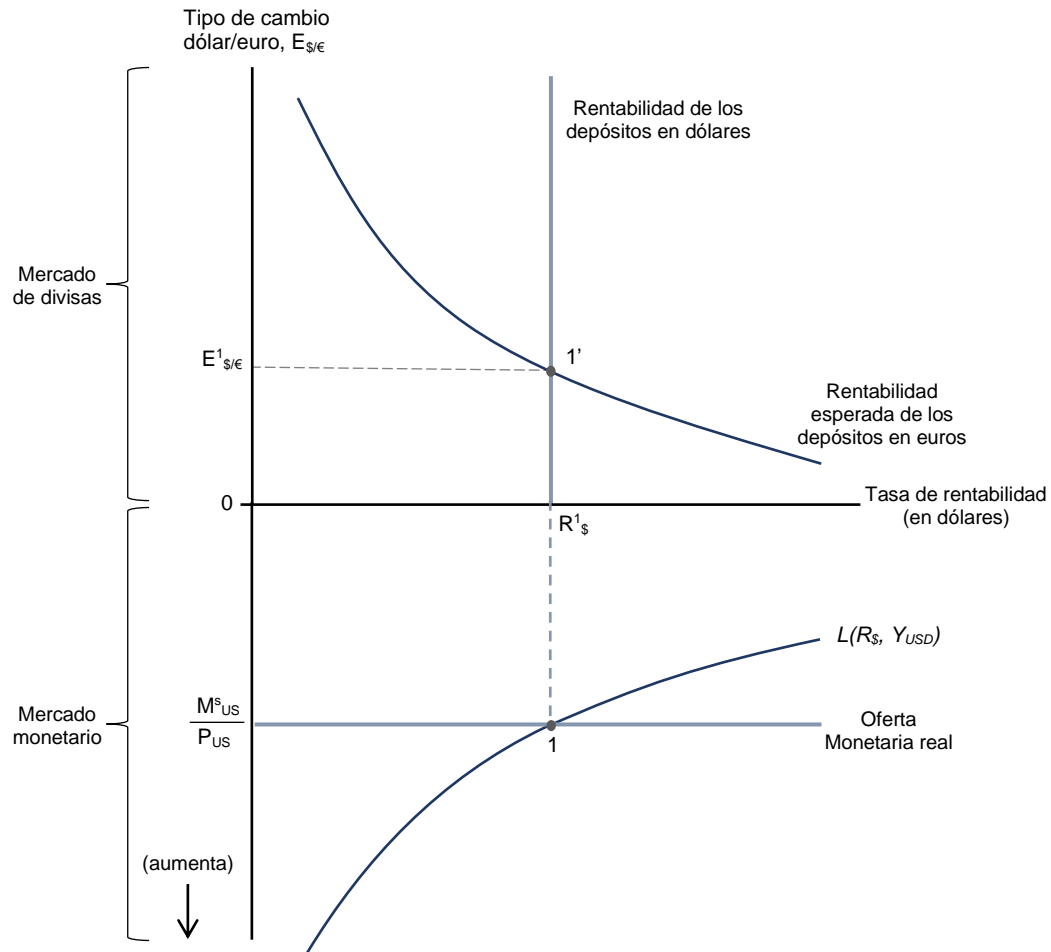
De nueva cuenta, nuestro objetivo es encontrar una relación entre los movimientos del tipo de cambio y el rendimiento real de un portafolio de inversión. Por lo tanto, en esta investigación se utilizará el tipo de cambio a corto plazo debido a que el análisis a largo plazo de un acontecimiento económico permite el ajuste completo del nivel de precios. En el largo plazo la oferta monetaria tendería a influir sobre las expectativas de los tipos de cambio, que significa una relación en sentido opuesto al objetivo planteado.

Krugman y Obstfeld (2006), analizan la relación que existe entre el dinero y el tipo de cambio a corto plazo en la Figura 2-4. Suponga, que estamos estudiando el tipo de cambio del dólar respecto al euro, es decir, el precio de los euros en dólares. El gráfico de la parte superior muestra el equilibrio en el mercado de divisas y cómo se determina, dados los tipos de interés y las expectativas sobre el tipo de cambio futuro. El tipo de interés del dólar, $R_{\1 , define la recta vertical. La función con pendiente negativa que representa la rentabilidad esperada del dólar muestra la rentabilidad esperada de los depósitos en euros expresada en dólares. La curva tiene pendiente negativa debido al efecto de los tipos de cambio actuales

sobre las expectativas de depreciación futura: un fortalecimiento del dólar hoy (una caída de $E_{\$/\text{€}}$) respecto al nivel futuro esperado, hace que los depósitos en euros sean más atractivos, por lo que la gente anticipa una mayor depreciación del dólar en el futuro. En el punto de intersección de las dos curvas (punto 1'), la tasa de rentabilidad esperada es la misma para los depósitos en dólares, existe un tipo de cambio de equilibrio.

El gráfico inferior muestra cómo se determina el tipo de interés de equilibrio en el mercado de dinero de un país. Sin embargo, por una cuestión de conveniencia, el gráfico se ha girado siguiendo las agujas del reloj en 90 grados, de forma que el tipo de interés del dólar se mide en el punto 0 del eje horizontal y la oferta de dinero real estadounidense se mide desde el punto 0 del eje vertical hacia abajo. El equilibrio del mercado de dinero se representa en el punto 1, donde el tipo de interés del dólar $R_{\1 induce a la gente a demandar saldos reales iguales a la oferta estadounidense de dinero real, M_{US}^s/P_{US} .

Figura 2-4 Equilibrio simultáneo en el mercado monetario y en el mercado de divisas



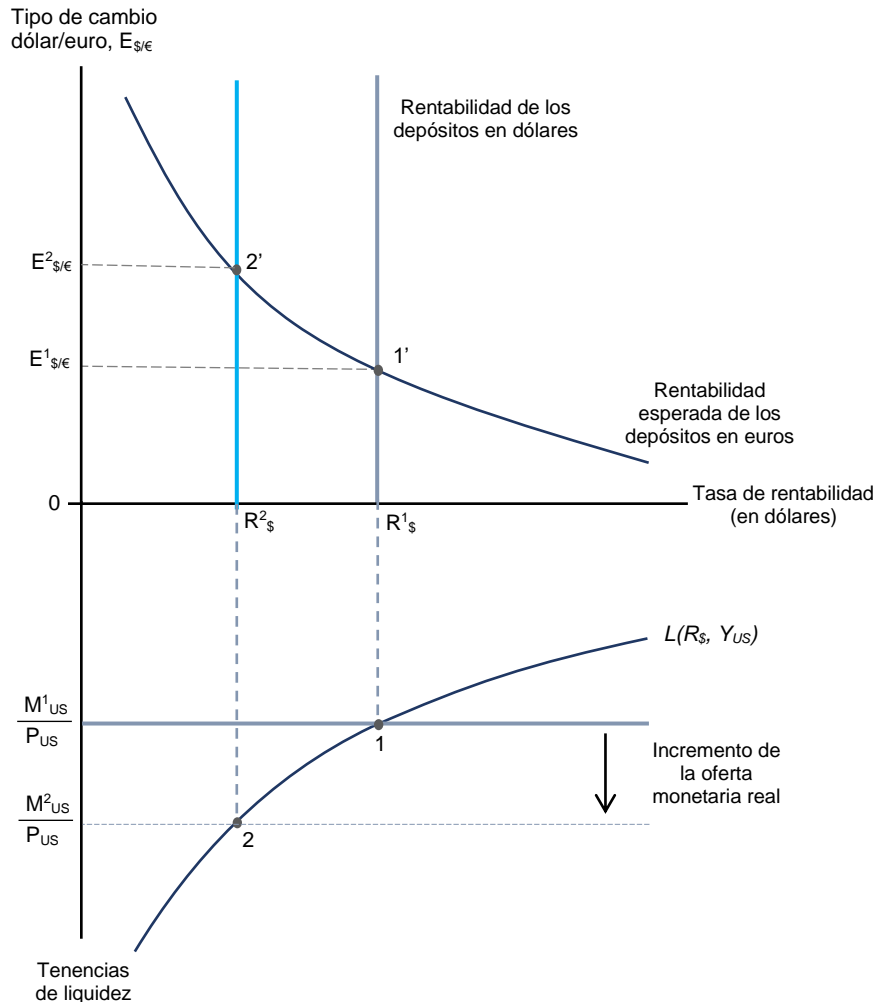
Fuente: Krugman y Obstfeld (2006)

Este gráfico destaca la relación entre el mercado monetario (parte inferior) y el mercado de divisas (parte superior). El mercado monetario fija el tipo de interés del dólar, que a su vez influye sobre el tipo de cambio que mantiene la paridad de intereses.³

En la Figura 2-5 podemos observar las variaciones en el tipo de cambio del dólar respecto al euro cuando el Banco Central estadounidense varía la oferta monetaria.

³ Por supuesto, existe una relación análoga entre el mercado de dinero de euros y el tipo de cambio que rige según las variaciones de los tipos de interés del euro.

Figura 2-5 Equilibrio simultáneo en el mercado monetario y en el mercado de divisas



Fuente: Krugman y Obstfeld (2006)

Dada la oferta monetaria inicial M_{US}^1 , el mercado monetario está en equilibrio en el punto 1, con un tipo de interés $R_{\$/}^1$. Dado el tipo de interés de los euros, y el tipo de cambio futuro esperado, un tipo de interés de los dólares de $R_{\$/}^1$ implica que el equilibrio del mercado cambiario se produce en el punto 1', con un tipo de cambio igual a $E_{\$/\text{€}}^1$. Cuando el Banco Central aumenta la oferta monetaria de M_{US}^1 a M_{US}^2 da lugar a la siguiente secuencia de efectos: (1) Al tipo de interés inicial $R_{\$/}^1$ se produce un exceso de oferta monetaria en el mercado de dinero estadounidense, por lo que el tipo de interés del dólar disminuye a $R_{\$/}^2$, a medida que el mercado de dinero alcanza el nuevo equilibrio (punto 2). (2) Dados el tipo de cambio inicial $E_{\$/\text{€}}^1$

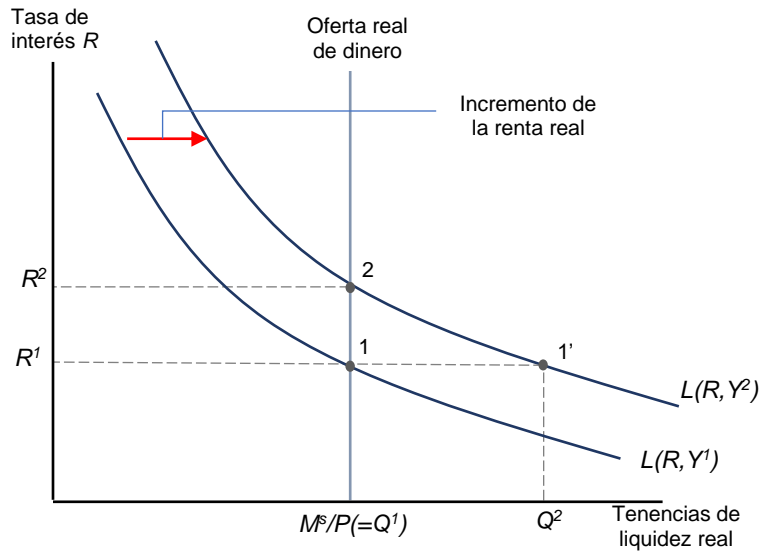
y el nuevo tipo de interés del dólar más reducido, $R_{\2 , la rentabilidad esperada de los depósitos en euros es superior a la de los depósitos en dólares. Los tenedores de depósitos en dólares tratarán de convertirlos en depósitos en euros, que resultan temporalmente más atractivos. (3) Como los tenedores de depósitos en dólares presionan sobre los depósitos en euros, el dólar se deprecia hasta $E_{\$/\text{€}}^2$. El mercado de divisas se encuentra de nuevo en equilibrio en el punto 2', ya que la variación del tipo de cambio hasta $E_{\$/\text{€}}^2$ provoca la caída de la tasa de depreciación futura esperada del dólar, suficiente para compensar la caída de los tipos de interés del dólar.

Concluimos que un incremento de la oferta monetaria de un país se traduce en una depreciación de su moneda en el mercado de divisas a través de una reducción de su tasa de interés. Desarrollando el proceso al revés se puede apreciar que una reducción de la oferta monetaria de un país se traduce en una apreciación de su moneda en el mercado de divisas. La depreciación o apreciación de una moneda determina las en los activos que estén referenciados a ella.

2.1.1.4 NIVEL DE PRODUCCIÓN O PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

Siguiendo el mismo modelo descrito anteriormente sobre la tasa de interés y la oferta monetaria desarrollado en Krugman y Obstfeld (2006). La Figura 2-6 muestra el efecto de un incremento de la producción de Y^1 a Y^2 sobre el tipo de interés, dada la oferta monetaria y el nivel de precios. Un incremento del nivel de producción hace que toda la función de demanda agregada se traslade hacia la derecha, desplazando el equilibrio fuera del punto 1. En el tipo de interés de equilibrio anterior, R^1 , existe un exceso de demanda de dinero igual a $Q^2 - Q^1$ (punto 1'). Desde el momento en que la oferta monetaria real está dada, el tipo de interés se ve presionado al alza hasta que alcanza el nuevo nivel de equilibrio R^2 más elevado (punto 2). Una caída del nivel de producción tiene los efectos opuestos, al hacer que la función de demanda de dinero real se traslade hacia la izquierda y, por tanto, hace que el tipo de interés de equilibrio disminuya.

Figura 2-6 Efecto de un incremento en el nivel de producción



Fuente: Krugman y Obstfeld (2006)

Concluimos que un incremento del nivel de producción real aumenta los tipos de interés, mientras que una caída del nivel de producción real reduce los tipos de interés, dados el nivel de precios y la oferta monetaria. Como lo hemos comentado antes, el movimiento de las tasas de interés impacta directamente en las decisiones de inversión del público, por lo que es razonable imaginar que la composición de un portafolio de inversión se vería alterada.

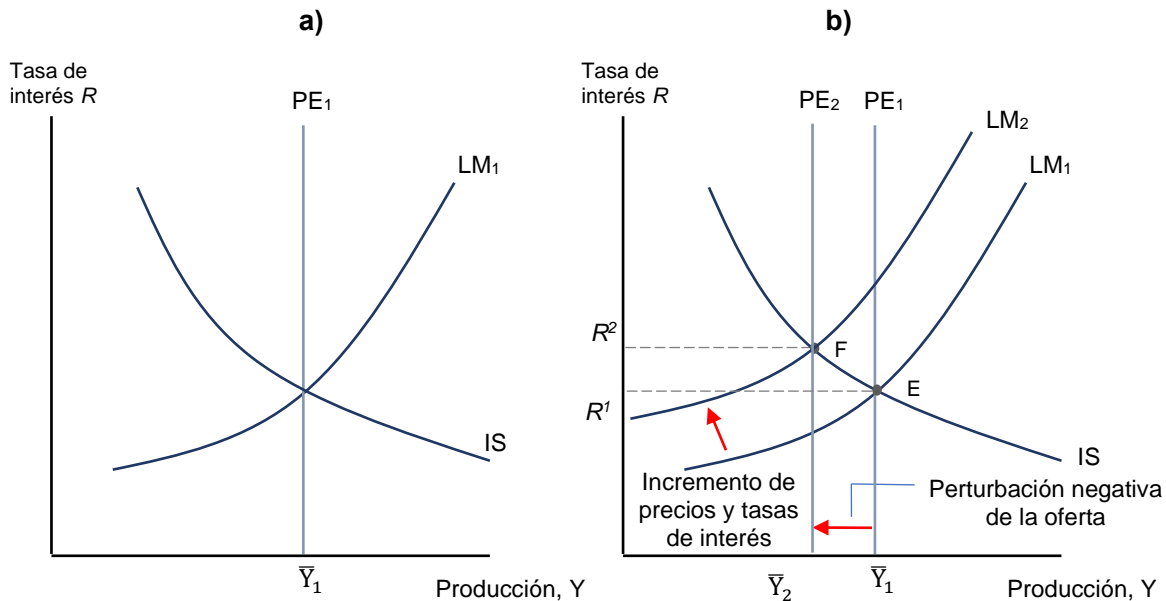
2.1.1.5 OFERTA AGREGADA Y NIVEL DE EMPLEO

Para demostrar cómo es que influyen las variaciones en el empleo sobre las decisiones de inversión de los agentes, utilizaremos el modelo IS-LM descrito en Abel y Bernanke (2004). De acuerdo con ellos, una perturbación económica relevante para el análisis del ciclo económico es una perturbación negativa de la oferta.

Podemos utilizar el modelo IS-LM ilustrado en la Figura 2-7 para ver cómo afecta esta perturbación al equilibrio general de la economía y a los valores de equilibrio

general de variables económicas como el empleo, la producción, el tipo de interés real, el nivel de precios, el consumo y la inversión.

Figura 2-7 Efecto de una perturbación temporal negativa de la oferta



Fuente: Abel y Bernanke (2004)

El modelo IS-LM es un modelo sencillo que explica la demanda agregada y el nivel de producción de equilibrio de una economía, sirve para identificar fácilmente los efectos de las políticas económicas. Este modelo abarca tanto el mercado de bienes (curva IS) y el mercado de activos o monetario (LM). Supongamos que la economía se encuentra inicialmente en equilibrio general en el punto E de la Figura 2-7 (a), en el que se cortan inicialmente la recta PE, la curva IS y la curva LM, de esta economía.⁴ Para averiguar cómo afecta una perturbación temporal de la oferta al equilibrio general, debemos ver cómo afecta la disminución temporal de la productividad “A” a las posiciones de la recta PE y las curvas IS y LM.

⁴ La recta PE representa la curva de pleno empleo. La curva IS representa el equilibrio en el mercado de activos a través del tipo de interés real correspondiente a cada nivel actual de producción con el que el ahorro deseado es igual a la inversión deseada. La curva LM representa el equilibrio en el mercado de dinero.

La recta PE describe el equilibrio del mercado de trabajo. Una perturbación negativa de la oferta reduce el producto marginal del trabajo, por lo que desplaza la curva de demanda de trabajo en sentido descendente. Como la perturbación de la oferta es temporal, suponemos que no afecta a la riqueza o a los futuros salarios esperados de los trabajadores, por lo que no afecta a la oferta de trabajo. Como consecuencia de la disminución de la demanda de trabajo, los valores de equilibrio del salario real y del empleo, N , disminuyen.

Una perturbación negativa de la oferta reduce el nivel de producción de pleno empleo, Y , por dos razones: (1) como acabamos de señalar, la perturbación de la oferta reduce el nivel de empleo de pleno empleo N , lo cual reduce la cantidad que puede producirse; y (2) la disminución de la productividad A reduce directamente la cantidad producida mediante cualquier combinación de capital y trabajo. La reducción de Y se representa por medio de un desplazamiento de la recta PE hacia la izquierda, de PE_1 a PE_2 , en la Figura 2-7 (b).

Veamos ahora cómo afecta la perturbación temporal negativa de la oferta a la curva IS. Una perturbación temporal negativa de la oferta reduce la producción actual, pero no altera ningún otro factor que afecte al ahorro deseado o a la inversión deseada. Por lo tanto, una perturbación temporal negativa de la oferta es un movimiento a lo largo de la curva IS, no un desplazamiento de la curva, por lo que no la altera.

Consideremos, por último, la curva LM. Una perturbación temporal de la oferta no afecta directamente a la demanda o a la oferta de dinero, por lo que no desplaza la curva LM.

A continuación, buscamos el nuevo equilibrio general de la economía. En la Figura 2-7 (b), no hay ningún punto en el que se corten PE_2 (la nueva recta PE), IS y LM_1 . Cuando la recta PE, la curva IS y la curva LM no se cortan en un punto común, la curva LM se desplaza hasta que pasa por la intersección de la recta PE

y la curva IS. Este desplazamiento se debe a las variaciones del nivel de precios, P , que alteran la oferta monetaria real, M/P , por lo que afectan al equilibrio del mercado de activos. Como muestra la Figura 2-7 (b), para restablecer el equilibrio general del punto F, la curva LM debe desplazarse en sentido ascendente y hacia la izquierda de LM1 a LM2, para lo cual la oferta monetaria real M/P debe disminuir y, por lo tanto, el nivel de precios, P , debe subir.

Como la tasa de inflación es la tasa de crecimiento del nivel de precios, durante el período en el que los precios suben hasta su nuevo nivel más alto, se produce un brote inflacionista. Sin embargo, después de que se estabiliza el nivel de precios en su valor más alto, la inflación disminuye. Por lo tanto, una perturbación temporal de la oferta debe provocar un aumento temporal, no permanente, de la tasa de inflación.

Comparando el nuevo equilibrio general, el punto F, con el inicial, el punto E, vemos que la perturbación de la oferta reduce la producción y eleva el tipo de interés real. Como en el nuevo equilibrio general el tipo de interés real es más alto y la producción menor, el consumo debe ser menor que antes de la perturbación de la oferta. La subida del tipo de interés real también implica que la inversión debe ser menor después de la perturbación.

Para finalizar el análisis de este modelo se debe remarcar que Abel y Bernanke (2004), mencionan que los modelos económicos, como el IS-LM, también se utilizan mucho para predecir la evolución de la economía. Lo cual es consistente con el propósito de la presente investigación, en la cual se busca analizar el comportamiento histórico de las series para tratar de predecir el rendimiento futuro de un portafolio de inversión y, con base en ello, enviar recomendaciones de inversión a los agentes económicos.

2.1.2 ESTUDIO DE LOS CICLOS ECONÓMICOS

Del Real Santos (2005), intenta comprender la correlación entre el ciclo económico y el ciclo bursátil y si este último resulta un buen predictor del ciclo económico y por lo tanto puede ayudar a tomar mejores decisiones de inversión. El estudio tiene un alcance exploratorio sobre el comportamiento económico y financiero. Del Real Santos mide dicha correlación para el caso de México abarcando un periodo de 1976 a 2002 en frecuencia anual utilizando cifras del Producto Interno Bruto (PIB) y el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC).

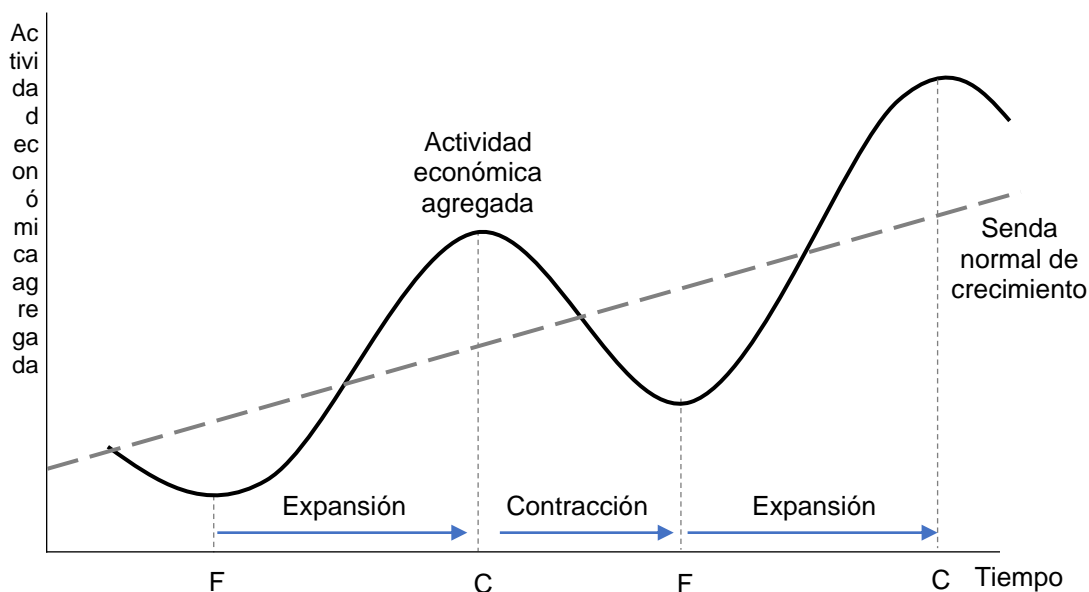
2.1.2.1 TEORÍA DE CICLOS ECONÓMICOS

De acuerdo con Burns y Mitchell (1946), los ciclos económicos son un tipo de fluctuación que se encuentra en la actividad económica agregada de los países en los que se organiza el trabajo principalmente a través de empresas. Un ciclo está formado por expansiones que se producen más o menos al mismo tiempo en muchas actividades económicas, seguidas de recesiones, contracciones y recuperaciones también generales que acaban en la fase de expansión del ciclo siguiente. Esta secuencia de cambios es recurrente pero no periódica y respecto a la duración, los ciclos económicos pueden durar desde más de un año hasta diez o doce.

De lo anterior es necesario remarcar que los ciclos económicos son fluctuaciones de la actividad económica agregada y no fluctuaciones de una única variable como el PIB. De acuerdo con Burns y Mitchell (1976), también es importante observar otros indicadores de la actividad, como el empleo y las variables de los mercados financieros que han mostrado una relación estrecha con la actividad económica. Además, las expansiones y contracciones se producen más o menos al mismo tiempo en muchas actividades económicas, algunas variables económicas como los precios, la productividad, la inversión y las compras del Estado tienen pautas periódicas y predecibles durante el ciclo económico.

De acuerdo con Abel y Bernanke (2004), la Figura 2-8 ayuda a explicar qué entendían Burns y Mitchell por expansiones y contracciones. La línea de trazo discontinuo muestra la senda media o normal de crecimiento de la actividad económica agregada y la de trazo continuo muestra las subidas y las bajadas de la actividad económica efectiva. El período durante el cual la actividad económica agregada disminuye se denomina contracción o recesión. Si la recesión es especialmente grave, se convierte en una depresión. La actividad económica agregada, tras alcanzar el punto mínimo de la contracción, el fondo (F), comienza a aumentar. El período durante el cual crece es una expansión. Tras alcanzar el punto máximo de la expansión, la cima (C), comienza a disminuir de nuevo. Toda la secuencia de disminución seguida de una recuperación, medida de cima a cima o de fondo a fondo, es un ciclo económico.

Figura 2-8 Diagrama de un ciclo económico representativo



Fuente: Abel y Bernanke (2004)

Las cimas y los fondos del ciclo económico se denominan colectivamente puntos de giro. Uno de los objetivos de las investigaciones sobre los ciclos económicos es averiguar cuándo se producen los puntos de giro. La actividad económica agregada

no se mide directamente mediante una única variable, por lo que no existe una sencilla fórmula que indique a los economistas cuándo se ha alcanzado una cima o un fondo.

Las expansiones o las contracciones se producen “más o menos al mismo tiempo en muchas actividades económicas”. Así pues, aunque algunos sectores son más sensibles al ciclo económico que otros, la producción y el empleo tienden a disminuir en la mayoría de ellos durante las recesiones y a aumentar durante las expansiones. Otras muchas variables económicas, como los precios, la productividad, la inversión y las compras del Estado también tienen pautas de conducta periódicas y predecibles durante el ciclo económico. La tendencia de muchas variables económicas a evolucionar al unísono de una manera predecible a lo largo del ciclo económico se denomina covariación.

El ciclo económico no es periódico, en el sentido de que no se produce a intervalos regulares y predecibles y no dura un tiempo fijo o predeterminado. Aunque el ciclo económico no es periódico, es recurrente; es decir, la pauta normal de contracción-fondo-expansión-cima se repite una y otra vez en las economías industriales.

Un ciclo económico completo puede durar desde alrededor de un año hasta más de una década, por lo que es muy difícil predecir la duración. Sin embargo, una vez que comienza una recesión, la economía tiende a continuar contrayéndose durante un período de tiempo, quizá durante un año o más. Asimismo, una expansión, una vez que comienza, normalmente dura un tiempo. Esta tendencia de la disminución de la actividad económica a ir seguida de nuevas disminuciones y del crecimiento de la actividad económica a ir seguido de más crecimiento se denomina persistencia. Como las variaciones de la actividad económica son algo persistentes, los expertos en predicciones económicas siempre están buscando puntos de giro, que es probable que indiquen un cambio de sentido de la actividad económica.

Para analizar los hechos de los ciclos económicos son importantes dos características de la conducta cíclica de las variables macroeconómicas. La primera es el sentido en el que varía una variable macroeconómica en relación con el sentido de la actividad económica agregada. Una variable económica que varía en el mismo

sentido que la actividad económica agregada (aumenta en las expansiones y disminuye en las contracciones) es procíclica. Una variable que varía en sentido contrario a la actividad económica agregada (aumenta en las contracciones y disminuye en las expansiones) es acíclica. Las variables que no muestran una pauta clara durante el ciclo económico se denominan acíclicas.

La segunda característica es la cronología de los puntos de giro de la variable (cimas y fondos) en relación con los del ciclo económico. Una variable económica es una variable adelantada si tiende a variar antes que la actividad económica agregada. En otras palabras, una variable adelantada alcanza las cimas y los fondos antes que el ciclo económico. Una variable coincidente es aquella que alcanza las cimas y los fondos más o menos al mismo tiempo que el ciclo económico. Por último, una variable retardada es aquella que tiende a alcanzar las cimas y los fondos después que el ciclo económico.

El hecho de que algunas variables económicas se adelanten sistemáticamente al ciclo económico sugiere que podrían utilizarse para predecir la evolución de la economía. Del mismo modo en que usualmente se utiliza el Índice Nacional de Precios al Productor (INPP) para tratar de predecir el comportamiento del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), el presente estudio pretende determinar el comportamiento cíclico de los rendimientos de un portafolio respecto a los ciclos económicos con el propósito de tratar de predecir la dinámica futura a partir del entorno económico. Por ejemplo, los precios de las acciones generalmente son procíclicos y se adelantan al ciclo, mientras que los tipos de interés nominales son procíclicos y retardados.

2.1.3 EXTERNALIDADES

La definición común de externalidad es una situación en la que los costos o el beneficio del consumo o la producción de algún bien o servicio no se reflejan en su precio de mercado; es decir, afectan a otros sin que estos sean compensados o paguen por ello. Regularmente en la teoría económica se habla de externalidades cuando se debate sobre propiedad privada o sobre los efectos nocivos que las empresas tienen en el medio ambiente en términos de residuos y contaminantes. En esta investigación se pretende acercar la definición al mercado accionario. Más concretamente, a los efectos que la actividad económica agregada tiene sobre las decisiones de inversión de los agentes económicos.

Al respecto, Titman (2012) explora el vínculo entre los choques al mercado financiero, decisiones de inversión y varias externalidades que pueden surgir de esas decisiones. Su interés se encuentra en los choques hacia la participación de los inversionistas causados por cambios en política que afectan las decisiones sobre el portafolio de inversión de formas que pueden no ser aparentes para la mayoría de los inversionistas. Específicamente, se enfoca en la combinación de correlaciones positivas entre los rendimientos trimestrales o anuales y la actividad económica agregada. Su investigación es novedosa en el sentido de que asocia las externalidades con las decisiones de inversión, describe correlaciones entre los rendimientos del mercado de capitales y la actividad económica agregada.

Su modelo descansa en dos ingredientes, el primero es un compendio de choques externos a los precios del mercado financiero, el segundo es la forma en que esos choques afectan las decisiones de inversión. Los choques pueden ser decisiones de política pública o cambios para ahorrar en otros mercados.⁵

⁵ En esta investigación combinamos el enfoque de Titman con el análisis de Krugman acerca de las tasas de interés, el mercado de dinero y los tipos de cambio, como un factor que puede provocar que los inversionistas coloquen su capital en otros mercados.

2.2 REVISIÓN METODOLOGICA

Existen estudios que buscan medir la relación entre el mercado accionario y las variables macroeconómicas revisadas anteriormente. Por ejemplo, Martínez (2017), pretende desarrollar de forma descriptiva la relación que guarda el mercado accionario mexicano con su ciclo económico empleando como herramienta el semáforo de los ciclos económicos de INEGI. Utiliza un periodo de estudio que va de 1994 a 2014 para el caso mexicano. Llega a la conclusión de que la principal causa del estancamiento económico sufrido entre 2009 y 2014 se atribuye en primera instancia a la estrecha relación que existe entre México y EUA con una buena influencia de los avances tecnológicos y de la falta de competitividad del mercado financiero.

Niño (2012), busca medir y analizar el impacto de la política monetaria sobre el precio de las acciones en el mercado bursátil colombiano para el periodo 2001-2011, se trata de probar la hipótesis causa-efecto, entre variaciones de la tasa de interés, la oferta de dinero y los precios de estos activos financieros. Para medir el impacto de la política monetaria en el corto plazo utiliza modelos econométricos GARCH (1,1) debido a que permite capturar los hechos estilizados de una serie de rendimientos financieros que un proceso autorregresivo (AR) por sí sólo no lograría modelar, mientras que para el largo plazo se emplean técnicas de cointegración de corrección de error. Concluye afirmando que las decisiones de política monetaria afectan la dinámica del mercado accionario; por otro lado, es importante mencionar que el modelo GARCH (1,1) no es capaz de capturar la totalidad del comportamiento de los instrumentos financieros, al aumentar el orden del proceso GARCH disminuye la capacidad de adherencia del modelo.

Durán y Cárcamo (2010), presenta un método de Valor en Riesgo (VaR) econométrico, centrado específicamente en el riesgo de mercado de tasa de interés para valorar la pérdida diaria que puede presentarse en este tipo específico de riesgo para las posiciones en bonos del tesoro colombiano (TES). Presentan

este acercamiento bajo la premisa de que los modelos de VaR tradicionales no tienen en cuenta variables fundamentales o de mercado, es decir que miden el riesgo de mercado a través de la dinámica histórica de los portafolios de activos sin tener en cuenta ciertas variables que impactan directa (o indirectamente) en este comportamiento y por lo tanto sean más propensos a subestimar las pérdidas. Para medirlo utiliza una serie de los rendimientos de los TES. Llega a la conclusión de que en recesiones los rendimientos tienen una probabilidad mayor de ser menores, existe una mayor volatilidad en los rendimientos y una mayor probabilidad de presentar valores extremos.

Pinpilla (2014), propone evaluar el papel del mercado bursátil en el crecimiento y las finanzas de Colombia, mediante un modelo de vectores autorregresivos (VAR) que medirá el tipo de relación entre la tasa de crecimiento del PIB y el Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC). Observaron que el IGBC explica positivamente al PIB; sin embargo, la prueba de causalidad de Granger muestra que no existe causalidad entre las variables.

Quiroga (2013), revisa el comportamiento que ha tenido la volatilidad del mercado de capitales en Colombia y evalúa si de alguna manera se relaciona con el crecimiento económico nacional. Para medirlo utilizó un modelo de MCO incluyendo la tasa de crecimiento del PIB, el índice de producción industrial (IPI) y el índice mensual de la actividad económica (IMACO) de marzo de 1995 a junio de 2013. Concluyen que existe una relación positiva entre el crecimiento económico y la volatilidad con un ajuste del 68%.

Nolan (2009), investiga el impacto de los choques externos en la eficiencia del sector financiero, utiliza tres indicadores del ciclo económico: choques al factor total de la productividad, choques en la política monetaria y choques de fricción financiera. El análisis sugiere que los choques son importantes en la comprensión de la información macro y que están fuertemente vinculados con el ciclo económico.

Chen, Roll y Ross (CRR) (1986) analizan variables macroeconómicas: diferencian entre las tasas de interés de largo y corto plazo, inflación esperada e inesperada, producción industrial y la diferencia entre los bonos de alto y bajo grado, así como su impacto sistemático en el rendimiento de los activos en el mercado financiero. Primero presentan una guía para identificar variables dominantes. Utilizan modelos de vectores autorregresivos para usar los residuos como la innovación no anticipada de los factores económicos. Concluyen que los rendimientos de los activos están expuestos a noticias económicas sistemáticas y son tasados de acuerdo con su exposición.

Flannery y Protopapadakis (2002) extienden el modelo de Chen, Roll y Ross comparando la volatilidad condicional entre rendimientos de acciones y 17 variables macroeconómicas. Ellos estiman un modelo GARCH de rendimientos diarios en el cual tanto los rendimientos como su volatilidad condicional permiten perturbar con 17 variables macroeconómicas, modelan la varianza condicional de los rendimientos para estar en condiciones de documentar la existencia de eventos económicamente importantes cuya magnitud y dirección es incierta. Utilizaron datos sobre rendimientos diarios del valor ponderado de los índices NYSE-AMEX-NASDAQ del Centro de Investigación en Seriedad de Precios (CRSP), de enero 1980 a diciembre 1996.

Las referencias anteriores conforman evidencia sobre estudios realizados previamente en el que relacionan variables macroeconómicas que, a su vez, forman parte del ciclo económico, con el comportamiento del mercado accionario en diferentes periodos y para diferentes economías.

Por otro lado, la teoría de optimización de portafolios de inversión de acuerdo con Markowitz (1952), tiene como pilares fundamentales los siguientes: permite deducir una combinación de activos que simultáneamente tengan la mínima varianza dentro de todas las combinaciones posibles que tienen un rendimiento

esperado dado y cuyo rendimiento esperado es el máximo posible. Es decir, buscar la más alta expectativa de rendimiento y el riesgo más bajo posible. Markowitz también advirtió que el problema de la selección de inversiones implica reconocer que cualquier inversión tiene más de un resultado posible, tiene un nivel de riesgo asociado.

No obstante, el enfoque de Markowitz no considera el impacto adicional de los ciclos económicos sobre el factor de riesgo asociado a las inversiones. El objetivo de la investigación es aportar información agregada sobre la forma en que el comportamiento del mercado puede alterar la decisión para la conformación de un portafolio de inversión. Es importante aclarar que la investigación no pretende alterar o presentar una modificación de la metodología propuesta por Markowitz, únicamente se utilizará este modelo para conformar el portafolio de inversión óptimo, mismo que será modificado una vez que se presente algún choque del exterior provocado por la actividad económica agregada.

Para cumplir con el objetivo de la investigación es necesario comprobar si existe una relación estable en el largo plazo entre los ciclos económicos (externalidades) y los activos que se consideran para conformar el portafolio. En primer lugar, es indispensable comprobar que las series sean estacionarias y para esto, se utilizarán las pruebas de Perron (1989) y Zivot - Andrews (1992), que toman en cuenta la presencia de cambios estructurales en las series de tiempo. Finalmente, para comprobar que las series están cointegradas se utilizarán las pruebas de Engle y Granger (1987) y Gregory y Hansen (1996), el primero no considera cambios estructurales mientras que el segundo los considera de forma endógena.

2.3 METODOLOGÍA

La información sobre rendimientos de activos financieros tiene la forma de una serie de tiempo, es decir, es una familia de datos ordenados en función del tiempo y se presenta de forma aleatoria, para fines prácticos se asume que un proceso aleatorio y un proceso estocástico significan lo mismo.

Se considera que un proceso estocástico es estacionario cuando tanto su media como su varianza y covarianza (autocovarianza) permanecen invariantes a través del tiempo; por el contrario, se considera que es no estacionaria cuando alguna o más de las condiciones anteriores no se cumplen, es decir, que su media, varianza y/o autocovarianza son una función creciente en el tiempo. Para fines de esta investigación la estacionariedad en sentido débil, que en adelante se referirá a ella sólo como estacionariedad, será suficiente.

Una serie de tiempo estacionaria tenderá a regresar a su media cuando se ha desviado de ella. Por tanto, tiende a fluctuar alrededor de la media y las fluctuaciones alrededor de ésta tendrán una amplitud constante (Gujarati, 2003). Tiene, además, una memoria limitada por lo que los efectos de un choque son sólo transitorios y van desapareciendo con el tiempo. Si no es estacionaria en este sentido se denomina serie de tiempo no estacionaria.

Ahora bien, un proceso no estacionario se puede transformar en una serie estacionaria usando las primeras diferencias, lo que lo convertiría en un proceso integrado de orden 1, $I(1)$. En general, se dice que una serie no estacionaria que es transformada a una serie estacionaria diferenciándola d veces es integrada de orden d , es decir $I(d)$, donde d es el orden de integración.

A manera de resumen, las características de una serie de tiempo no estacionaria son:

- Tiene un comportamiento divagante porque no se mantiene sobre una media constante en el tiempo. Por lo tanto, los choques estocásticos tienen efectos que no desaparecen con el tiempo, es decir, posee una memoria infinita.
- La varianza depende del tiempo y tiende a infinito cuando éste tiende a infinito.

- La covarianza entre y_t y y_{t-k} no es constante a través del tiempo.

2.3.1 PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS

En esta sección se revisarán tres métodos para comprobar raíces unitarias. El primero, la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (DFA), una de las más utilizadas, incorpora una estructura de rezagos para aproximar la autocorrelación en el término de error. El segundo, la prueba de Phillips y Perron (PP), que también hace uso de la prueba DFA para derivar sus propias hipótesis nulas a comprobar. Un tercer método contempla quiebres estructurales en la prueba de raíz unitaria.

Lo que hacen las pruebas convencionales es determinar el valor y la significancia estadística del coeficiente de y_{t-1} en:

$$y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (2.5)$$

Si $-1 \leq \rho \leq 1$ y_t es estacionaria, si $\rho=1$ el modelo se convierte en una caminata aleatoria sin variaciones. Sin embargo, usualmente no se usa (2.5) sino la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} y_t - y_{t-1} &= \rho y_{t-1} - y_{t-1} + \varepsilon_t \\ y_t - y_{t-1} &= y_{t-1}(\rho - 1) + \varepsilon_t, \text{ o} \\ \Delta y_t &= \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2.6)$$

donde se prueba la hipótesis nula de $\gamma = 0$, o lo que es igual $\rho = 1$; es decir que el proceso tiene raíz unitaria, lo que significa que la serie en cuestión es no estacionaria. Es fácil ver la intuición de esta idea pues si $\gamma = 0$, Δy_t sería igual al término de error ε_t el cual es estacionario. Lo anterior constata la afirmación de que las primeras diferencias de una caminata aleatoria son estacionarias.

Para comprobar la significancia estadística de γ no se puede usar la prueba t , ya que la t -estadística del coeficiente de y_{t-1} no sigue una distribución normal asintótica. Para resolver esto Dickey y Fuller (1979) probaron que la t sigue al estadístico τ (tau) y elaboraron, a base de simulaciones Monte Carlo, valores críticos apropiados. El usar este estadístico es la prueba Dickey-Fuller (DF).

Es necesario analizar la serie para saber a qué proceso de raíz unitaria pertenece, con variaciones o sin variaciones o con tendencias deterministas o estocásticas. Para eso plantean tres distintas hipótesis nulas reparametrizadas, representadas a continuación, en donde la hipótesis nula se cambiaría por $H_0: \gamma = 0$ donde $\gamma = \rho - 1$ ⁶

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.7)$$

$$\Delta y_t = \beta_1 + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.8)$$

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.9)$$

La diferencia entre estos modelos se asocia a los diferentes componentes deterministas que entran en cada uno. La primera ecuación asume que la serie sigue una caminata aleatoria; (2.8) supone una caminata aleatoria con variaciones y (2.9) una caminata aleatoria con variaciones y una tendencia estocástica. Como ya se ha mencionado la hipótesis nula es que $\gamma = 0$, y la hipótesis alterna es que γ es menor que cero, es decir que la serie es estacionaria.

El estadístico de prueba para constatar la hipótesis nula depende de esos componentes deterministas; de hecho, la etapa fundamental de la prueba DF es probar los estadísticos t asociados a los coeficientes de y_t contra los valores críticos de Dickey-Fuller. Para cada caso el estadístico t deberá exceder los valores críticos para que la hipótesis nula de raíz unitaria sea rechazada. Por otra parte, si la t calculada no excede el valor crítico no se rechaza la hipótesis nula, en cuyo caso la serie de tiempo es no estacionaria. Es extremadamente importante observar que existen diferentes valores críticos para cada tipo de especificación de la prueba DF. También se debe poner especial atención en no incurrir en errores de especificación. Es más, si por ejemplo la especificación (2.8) es correcta, pero se estima (2.9) se estará cometiendo un error de estimación (Gujarati, 2003).

⁶ Si $\rho=1$ se tiene lo que se conoce como un problema de raíz unitaria; es decir, se enfrenta una situación de no estacionariedad. Sin embargo, si $|\rho| \leq 1$, es decir, si el valor absoluto de ρ es menor que 1, entonces se puede demostrar que la serie de tiempo y_t es estacionaria (Gujarati, 2003).

Una debilidad importante de la prueba DF es que suponen que ε_t no presenta autocorrelación; si ε_t esta autocorrelacionada (es decir, no es un ruido blanco) entonces las estimaciones de (2.7) mediante MCO no son eficientes. La solución paramétrica que defienden Dickey y Fuller (1981) es insertar una estructura de rezagos como variables explicativas adicionales para aproximar la autocorrelación (Charemza y Deadman, 2003). Esta nueva versión es conocida como prueba Dickey-Fuller Aumentada DFA, y es reconocida como un método más eficiente y también es uno de los más usados en la práctica. Esencialmente, la idea es que la prueba DF usa procesos $AR(1)$, y DFA usa procesos con más de un rezago, como

$$y_t = \sum_{i=1}^k \phi_i y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.10)$$

donde $\varepsilon_t \sim iidN(0, \sigma^2)$. Reparametrizando la ecuación anterior se llega a

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.11)$$

Al igual que en el método DF se consideran 3 variaciones

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.12)$$

$$\Delta y_t = \beta_1 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.13)$$

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.14)$$

En la prueba DFA se sigue probando $\gamma=0$, y además esta prueba sigue la misma distribución asintótica que el estadístico DF, por lo que se pueden utilizar los mismos valores críticos (Gujarati, 2003).

Esta prueba es sensible al número de rezagos usados.⁷ Un método simple para determinar el número apropiado de rezagos es aplicar un enfoque “de lo general a lo específico”, comenzando con un número razonable de k para después ir disminuyéndolos progresivamente con base en su significancia estadística. De este modo se pueden ir eliminando rezagos innecesarios que no afectan la propiedad de falta de autocorrelación en los residuos y es posible terminar con un

⁷ Es importante no permitir demasiados rezagos, pues resultaría en una reducción del poder de la prueba al momento de rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria; pero si no se utilizan suficientes rezagos no se recogerá plenamente la autocorrelación de los residuales, impidiendo que se comporten como un ruido blanco.

número apropiado. Otro método también empleado es el que se basa en criterios de información de Akaike y de Schwartz, el cual sugiere escoger un k que minimice las funciones establecidas por los autores y que al mismo tiempo conjugue parsimonia y reducción de la suma de los cuadrados de los residuos.

Por otro lado, una solución alternativa al problema de autocorrelación es la ofrecida por Phillips y Perron (1988), quienes proponen una transformación no paramétrica para corregir la presencia de autocorrelación en el término de error. De acuerdo con ellos se consideran las siguientes regresiones:

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha}y_{t-1} + \hat{\varepsilon}_t \quad (2.15)$$

$$y_t = \tilde{\mu} + \tilde{\beta}(t - \frac{1}{2}T) + \tilde{\alpha}y_{t-1} + \tilde{\varepsilon}_t \quad (2.16)$$

donde $\tilde{\mu}$, $\tilde{\alpha}$, $\tilde{\mu}$, $\tilde{\beta}$ y $\tilde{\alpha}$ son los coeficientes convencionales de la regresión de mínimos cuadrados ordinarios. Se debe considerar que los coeficientes de las regresiones y sus t -estadísticos se derivan bajo la hipótesis nula de que los datos son generados por

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.17)$$

donde $\alpha = 1$ y ε_t es tal que $E(u_t) = 0$ para toda t .

En la prueba Phillips-Perron se amplían los resultados a los casos en que los errores son débilmente dependientes y distribuidos heterogéneamente. La idea es utilizar los residuos estimados ε_t en la regresión de DF para corregir el estadístico t asociado a los parámetros (Suriñach, et. al. 1995).

El problema de estimar ecuaciones como (2.15) y (2.16) es que las distribuciones de los coeficientes y su t -estadístico asociado dependen de los parámetros de perturbación, lo que presenta un obstáculo en la inferencia del caso general. Por eso se realizan las transformaciones de los t -estadísticos que eliminan los parámetros de perturbación asintóticamente.

2.3.2 PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA EN PRESENCIA DE CAMBIOS ESTRUCTURALES

Los cambios estructurales se presentan cuando un evento externo afecta algún parámetro de la regresión de estudio. En las series de tiempo económicas dichos cambios pueden ser resultado de choques ajenos al movimiento de la variable o a cambios en las políticas económicas que modifican la tendencia determinista y alteran seriamente el proceso. La importancia de identificar estos sucesos radica en seleccionar una adecuada especificación del modelo; de lo contrario se incurrirían en graves errores que harían que la inferencia a partir de estos datos fuera dudosa.

Perron (1989) argumenta que ante la posible existencia de un quiebre en la tendencia determinista de una serie estacionaria las pruebas DF y DFA conducirán a resultados engañosos haciéndonos concluir que existe una raíz unitaria, o que la serie es $I(1)$, cuando en realidad no la hay y la serie es $I(0)$. Dicho de otro modo, ante la posible existencia de un cambio estructural en una serie estacionaria, las pruebas DF tenderán a aceptar falsamente la hipótesis nula de la existencia de raíz unitaria, incluso cuando el proceso es estacionario a cada lado del quiebre estructural. De acuerdo con Charemza y Deadman (2003), un cambio estructural en un proceso estocástico no estacionario tiene efectos permanentes desde el momento de la ocurrencia, mientras que para un proceso estacionario el efecto es sólo temporal.

Perron (1989) sugiere una serie de pruebas para corroborar la estacionariedad en presencia de varios tipos de choques; o sea, determinar el orden de integración de una variable que se generaliza para incluir un cambio en un periodo específico de tiempo y que se supone exógeno. Sin embargo, el procedimiento de Perron (1989) está condicionado a que el cambio estructural sea conocido a priori y en la modelización del proceso se utiliza como un evento exógeno. Sin embargo, en la práctica no sólo se necesita saber si existe un cambio estructural, sino en qué momento es que ocurre. Lo que sugiere que se deben realizar pruebas previas para localizarlo, convirtiéndose esto en la principal crítica al modelo.

Zivot y Andrews (1992) construyen un procedimiento parecido al usado por Perron (1989) con algunas modificaciones. La más importante es que en este contraste se trata la fecha del cambio estructural como endógeno. La hipótesis nula que usan para los tres modelos (cambio en el intercepto, cambio en tendencia y ambos cambios) es:

$$y_t = \mu + y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.18)$$

Como se estipula en la hipótesis nula, $\{y_t\}$ es generada sin un cambio estructural. Se considera la selección de la fracción de quiebre, λ , para las variables ficticias en las regresiones de Perron como el resultado de un proceso de estimación designado para ajustar $\{y_t\}$ a una cierta representación estacionaria en tendencia; es decir, asumen que la hipótesis alternativa denota que $\{y_t\}$ puede ser representada por un proceso estacionario en tendencia con un quiebre que sucede en algún punto desconocido de tiempo.

El objetivo es, por lo tanto, estimar el punto de quiebre que arroje el mayor peso a la alternativa de estacionariedad en tendencia, usando un algoritmo para seleccionar los puntos de quiebre para las series que se espera sea consistente con el procedimiento de selección de Perron. El problema a considerar es, una vez más, evaluar la hipótesis de raíz unitaria contra la alternativa de estacionariedad con cambio estructural en un punto desconocido del tiempo.

En otros términos, la estimación consiste en elegir el punto de quiebre que dé el resultado menos favorable para la hipótesis nula usando el estadístico de prueba $t_{\alpha^i}(\lambda)$. Por lo tanto, se escoge un valor de λ tal que minimice su t -estadístico para probar $\alpha = 1$ ($i = A, B, C$); valores pequeños del estadístico nos llevan al rechazo de la hipótesis nula. Para este caso $\hat{\lambda}_{inf}^i$ denota el valor de λ que minimiza el estadístico t . Por definición se tiene

$$t_{\alpha^i}[\hat{\lambda}_{inf}^i] = \inf_{\lambda \in \Lambda} t_{\alpha^i}(\lambda), i = A, B, C, \quad (2.19)$$

donde Λ es un subconjunto cerrado específico de $(0,1)$.

Siguiendo la estrategia de prueba del tipo ADF de Perron, las ecuaciones de regresión que se usa para probar la existencia de raíz unitaria son:

$$y_t = \hat{\mu}^A + \hat{\theta}^A DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^A t + \hat{\alpha}^A y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{c}_j^A \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon} t, \quad (2.20)$$

$$y_t = \hat{\mu}^B + \hat{\beta}^B t + \hat{\gamma}^B DT_t^*(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^B y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{c}_j^B \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon} t, \quad (2.21)$$

$$y_t = \hat{\mu}^C + \hat{\theta}^C DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^C t + \hat{\gamma}^C DT_t^*(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^C y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{c}_j^C \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon} t, \quad (2.22)$$

donde $DU_t(\hat{\lambda})$ si $t > T\lambda$, y 0 en otro caso; $DT_t^*(\hat{\lambda}) = t > T\lambda$ si $t > T\lambda$, 0 en otro caso, $\hat{\lambda}$ denota un valor estimado de λ .

Excepto para (2.20), el efecto de excluir a $D(T_B)t$ de (2.21) y (2.22) es el de incrementar en valor absoluto la magnitud del estadístico- t para probar que $\alpha^i = 1$. Esto es importante debido a que para determinar el punto de quiebre y el mínimo t -estadístico se estima cada uno de los modelos por medio de mínimos cuadrados ordinarios con la fracción de cambio $\lambda = T_B/T$ para cada valor de λ . El número de regresores extra, k , se determina usando el mismo procedimiento que Perron.⁸

Zivot y Andrews derivan sus propios valores críticos debido a que cuando se usa la fracción de cambio λ como endógena en el proceso de estimación no se puede seguir usando los valores críticos de Perron para probar la hipótesis de raíz unitaria.

El fenómeno de la relación espuria se ocasiona cuando se incluyen en ecuaciones de regresión series que tienen un orden de integración de 1, $I(1)$, o más debido a que pueden arrojar resultados no muy ciertos y ocasionar problemas que pueden ser pasados por alto.

⁸ El procedimiento empieza por un elegir un rezago alto, k_{max} . Si el último rezago incluido es significativo, elegir $k=k_{max}$; si no, se reduce k en 1 hasta que el último rezago se vuelva significativo. Si no hay más rezagos significativos, se selecciona $k=0$; k_{max} es establecido igual a 8 por Perron (1989). Se usa un valor de 1.60 de la distribución t normal para evaluar la significancia del último rezago (Mejía y Lucatero, 2011).

2.3.3 MODELOS DE COINTEGRACIÓN

Se analizarán relaciones de equilibrio que en realidad son funciones estacionarias, pero no constituyen pruebas de raíces unitarias. Se hace referencia al análisis de cointegración que es un método que ha llamado la atención en el campo económico. El objetivo consiste en realizar una combinación lineal de estas series en una nueva que en realidad sea estacionaria por sí sola; las series que logran este tipo de comportamiento se denominan series cointegradas.

El método de cointegración surge de la necesidad de trabajar con series en niveles y no diferenciarlas sucesivamente para inducir estacionariedad, como se había sugerido, pues no es la solución ideal. Aplicar primeras diferencias a los logaritmos de las series conduce a una pérdida de las propiedades de largo plazo, ya que el modelo en diferencias no tiene una solución en el largo plazo. El deseo de evaluar modelos que combinen propiedades tanto de largo como de corto plazo y que al mismo tiempo mantengan la estacionariedad en las variables hace reconsiderar el uso de las variables en niveles (Charemza y Deadman, 2003).

Una definición formal de cointegración la detallan Engle y Granger (1987). Se dice que dos series x_t y y_t están cointegradas de un orden d, b , donde $d \geq b \geq 0$, denotándose como $x_t, y_t \sim CI(d, b)$, si.

- Ambas series son integradas de orden d
- Existe una combinación lineal de esas variables, es decir, $\alpha_1 x_t + \alpha_2 y_t$, que es integrada de orden $d - b$

El vector $[\alpha_1, \alpha_2]$ es llamado vector de cointegración.

El vector representa una relación de cointegración entre variables que puede interpretarse como la existencia de una relación lineal de equilibrio entre ellas.

Siguiendo a Suriñach et al. (1995), las desviaciones de este equilibrio recogen el retardo de la respuesta de la variable dependiente ante cambios en las explicativas. Ahora bien, en caso de cointegración, estas desviaciones son estacionarias y, por tanto, tienen una varianza que no es función del tiempo, o lo que es lo mismo, aunque las variables en la ecuación sean $I(1)$ existe una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables tal que las situaciones de desequilibrio son de carácter estacionario, $I(0)$, y, por tanto, desaparecen con el tiempo. Entonces, una condición para que pueda existir cointegración es que ambas series sean integradas del mismo orden.

El modelo descrito por Engle y Granger (1987) no considera perturbaciones exógenas, en esta investigación se busca un panorama más realista, en donde el vector de cointegración incluya un cambio estructural en algún momento desconocido del periodo de tiempo (Gregory y Hansen, 1996). Esto es importante debido a que la prueba convencional de cointegración podría no resultar apropiada dado que supone que el vector de cointegración es invariante en el tiempo.

Muchas investigaciones inician un análisis de cointegración con la prueba usual de DFA para identificar la presencia de raíces unitarias en los residuos de la regresión cointegradora y proceden únicamente si el estadístico de prueba rechaza la hipótesis nula de no cointegración. Si el modelo es en realidad cointegrado con un cambio de régimen en el vector de cointegración, las pruebas DFA convencionales podrían no rechazar la hipótesis nula y se podría concluir erróneamente que no existe una relación de largo plazo; luego entonces, estas pruebas fallan ante la presencia de cambios estructurales. En contraste, si es utilizada la siguiente prueba habrá mayor oportunidad de rechazar la hipótesis nula guiando a una correcta especificación del modelo (Gregory y Hansen, 1996).⁹

⁹ Trabajos como los de Hansen (1992a) y Quintos y Phillips (1993) descubrieron pruebas para la hipótesis de que los coeficientes de una relación de cointegración son invariantes en el tiempo. Sus hipótesis nulas son cointegraciones EG, mientras que aquí la hipótesis nula es de no cointegración (Gregory y Hansen, 1996).

A continuación, se describen los modelos que permiten evaluar la existencia de cointegración con cambio estructural. De nuevo, el cambio estructural se identificará con una variable ficticia $\varphi_{\tau t}$ que es igual a 0 para todo t menor o igual a $n\tau$ y 1 para todo t mayor a $n\tau$. Donde el parámetro $\tau \in (0,1)$ denota el momento del punto de quiebre, y $n\tau$ la parte integradora. Las tres alternativas para modelar el cambio estructural son

$$\text{Modelo A:} \quad y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{\tau t} + \alpha y_{2t} + \varepsilon_t \quad (A)$$

$$\text{Modelo B:} \quad y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{\tau t} + \beta_t + \alpha x_t + \varepsilon_t \quad (B)$$

$$\text{Modelo C:} \quad y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{\tau t} + \alpha_1 y_{2t} + \alpha_2 y_{2t} \varphi_{\tau t} + \varepsilon_t \quad (C)$$

El modelo A representa un cambio en el intercepto o el nivel de la relación entre y y x lo que la desplaza en paralelo; el modelo B introduce una tendencia al modelo con cambio de nivel, y, finalmente, el modelo C representa un cambio en la pendiente de la serie lo que permite que cambie la relación de equilibrio también. A esto se le llama modelo de cambio de régimen. Entonces, μ_1 representa el intercepto antes del quiebre y para simbolizar el efecto después del quiebre se usa μ_1 más el incremento $\mu_2 \varphi_{\tau t}$ cuando $t > n\tau$; asimismo, α_1 representa el coeficiente de la pendiente de la relación de cointegración antes del cambio de régimen y α_1 más α_2 el cambio en la pendiente después del momento del quiebre.

Los *tests* convencionales para probar la hipótesis nula de no cointegración se enfocan en el análisis de los residuos: se estima la relación de cointegración mediante MCO y se aplican pruebas de raíz unitaria a los errores de la regresión. En principio, para el análisis de cambio estructural, esto podría ser usado siempre que se conociera a priori el momento en que ocurre el quiebre. La prueba de Gregory-Hansen no requiere de información previa sobre el momento en que ocurre el quiebre, lo que completa el análisis de cointegración bajo la influencia de este tipo de fenómenos (Gregory y Hansen, 1996).

Así pues, se estima recursivamente el modelo A, B o C (dependiendo de la hipótesis alterna bajo consideración) para cada τ mediante MCO generando la serie de residuos $\hat{\varepsilon}_{\tau t}$. Sobre cada serie de residuos se calcula el estadístico de prueba.¹⁰ En esta tesis se utilizará el estadístico ADF. Éste es calculado mediante la regresión de $\Delta\hat{\varepsilon}_{\tau t}$ sobre $\hat{\varepsilon}_{t-1\tau}$ y $\Delta\hat{\varepsilon}_{t-1\tau}, \dots, \Delta\hat{\varepsilon}_{t-K\tau}$ para alguna estructura conveniente de rezagos K . El estadístico ADF es el *t-estadístico* para el regresor $\hat{\varepsilon}_{t-1\tau}$ de alguna de las ecuaciones A-C denotando esto como:

$$ADF(\tau) = tstat(\hat{\varepsilon}_{t-1\tau}).$$

Sin embargo, de acuerdo con Gregory y Hansen (1996) esta es una herramienta para el análisis de cointegración sin cambios estructurales. Nuestro objetivo es, por lo tanto, obtener el valor más pequeño de entre todos los estadísticos de prueba para $\tau \in T$. Se enfoca en ellos dado que valores más pequeños de los *t-estadísticos* constituye evidencia contra la hipótesis nula. El estadístico mínimo se denota como:

$$ADF^* = \inf_{\tau \in T} ADF(\tau)$$

Al igual que en el método de Zivot-Andrews (1992) el valor más pequeño indicará la ubicación del punto de quiebre. El estadístico de prueba mínimo se contrastará con los valores críticos de Gregory y Hansen (1996), que fueron elaboradas a partir de simulaciones Monte Carlo para cada una de las alternativas.

Una vez que se ha comprobado que las series presentan una relación estable en el largo plazo, medido por las pruebas de cointegración, procedemos a analizar los componentes cíclicos de las series que cumplan con esta condición. Investigaciones anteriores como las de Benavides, Lima y Ortíz (2015) y Almendra-Arao et. Al (2008) ya habían realizado un análisis conjunto entre estas

¹⁰ El estadístico de prueba, por ejemplo, es derivado del coeficiente de correlación serial de primer orden $\rho\hat{t}$. Los estadísticos de prueba de Phillips se conforman usando una versión preferentemente corregida del coeficiente de correlación serial de primer orden.

dos metodologías. Los primeros analizaron la relación entre los ciclos de México y Estados Unidos a raíz de la firma del TLC mientras que el segundo trabajo aborda la dinámica de las principales variables macroeconómicas desde 1980. En ambos casos la metodología involucra modelos de cointegración y sincronización de ciclos económicos. Sin embargo, ninguno abarca modelos de cointegración con cambio estructural como los que se proponen en la presente investigación.

La metodología de ciclos económicos que seguiremos para explicar la dinámica cíclica entre las series accionarias y las variables macroeconómicas analiza la naturaleza cambiante en el tiempo de las relaciones entre las fluctuaciones de las series.

El enfoque sugerido por Kydland y Prescott (1990) se ha convertido en la metodología tradicional para el análisis de ciclos económicos. Los resultados más importantes de este tipo de análisis tienen que ver con la determinación de cuáles variables liderean, siguen o con contemporáneas al comportamiento de alguna otra variable (Gutiérrez, Mejía y Cruz, 2005).

El cálculo se realiza mediante la estimación de los coeficientes no condicionales de correlación entre el indicador del ciclo y los componentes cíclicos de las variables de interés obtenidos mediante la eliminación de las tendencias correspondientes ya sean deterministas o estocásticas. De este modo el análisis se lleva a cabo para variables estacionarias, este método se aplica a todas las variables macroeconómicas con las cuales se desee vincular al indicador del ciclo. De acuerdo con Kydland y Prescott (1990), se analizan aspectos como la amplitud de las fluctuaciones, el grado de co-movimiento con el indicador del ciclo (una medida de la prociclicidad o contraciclicidad) y el grado de desplazamiento de fase con respecto al ciclo económico como un todo. Para descomponer las series de tiempo se utilizará el filtro descrito por Hodrick y Prescott, el cual también es sugerido por Kydland y Prescott (1990).

Una vez que se han obtenido los coeficientes de correlación de las desviaciones cíclicas, los autores del método sugieren utilizar las siguientes reglas: un valor cercano a uno indica que la serie es altamente procíclica, un valor cercano a uno, pero negativo indica que la serie es contracíclica, un valor cercano a cero significa que las series no varían contemporáneamente con el ciclo de un modo sistemático, en ese caso decimos que las series no están correlacionadas con el ciclo.

La segunda parte de la metodología ayuda a identificar si hay un cambio de fase en el movimiento de una serie de tiempo. De la misma forma, se calculan coeficientes de correlación solo que en este caso las series han sido rezagadas o adelantadas con relación a la variable de interés. La prueba se lee de la siguiente manera: si el coeficiente de correlación es el número positivo más alto cuando $x(t - i)$, donde $i > 0$, entonces el número indica que la serie es procíclica, pero tiende a crecer cerca de i periodos antes que la variable objetivo. En este caso decimos que la serie antecede al ciclo. Bajo el mismo orden de ideas, decimos que una serie sigue al ciclo en $j < 0$ (rezago) periodos, en este caso la serie cambia después que el indicador del ciclo. Finalmente, cuando la serie y el indicador del ciclo se mueven al mismo tiempo, se considera que es contemporáneo al ciclo. Es importante recalcar que esto no significa que existan relaciones de causalidad en sentido alguno, sólo una simple asociación entre los movimientos de las variables involucradas.

Lo anterior nos permite analizar la evolución temporal de las relaciones entre el indicador del ciclo y las demás variables con lo cual podemos evaluar los efectos causados por la implementación de cambios estructurales en la economía (Gutiérrez, Mejía y Cruz, 2005).

Una vez estudiada la dinámica de los ciclos involucrados podemos construir algunas expectativas sobre el comportamiento futuro de las series accionarias observando la relación histórica con las variables macroeconómicas. Una vez

más, es necesario aclarar que no se está presuponiendo que exista una relación causal entre ambas, simplemente se está apoyando la expectativa futura sobre la dinámica histórica.

El análisis anterior se tomará como base para la selección de los activos que se incluirán dentro del portafolio de inversión. Se utilizará la metodología descrita por Markowitz (1952) para la construcción del portafolio.

El tema desarrollado por Markowitz se refiere a la selección de un portafolio de inversión en el que asigna recursos entre la gran diversidad de activos financieros existentes basándose en las estadísticas, específicamente de tres parámetros: la media, la varianza y la covarianza. El procedimiento busca proporcionar al inversionista combinaciones de activos con la mayor tasa de rentabilidad al menor riesgo posible. El modelo parte de algunos supuestos:

1. La selección de inversiones se refiere estrictamente para un periodo.
2. Las preferencias entre riesgo y rendimiento pueden expresarse matemáticamente en un espacio definido por la varianza y la expectativa de rendimiento.
3. Existen en el mercado de capitales n activos con los cuales formar un portafolio.
4. Para cada activo se puede calcular la esperanza matemática del rendimiento, su varianza y las covarianzas.
5. Los activos son perfectamente divisibles (se encuentran en fracciones).
6. Se ignoran todo tipo de costos de transacción.
7. No se consideran asimetrías de información o de poder de mercado.

De acuerdo con Lasa (2006), la tasa esperada de rendimiento del portafolio para el siguiente periodo se define como:

$$E(r_p) = \tilde{r}_p = \sum_{i=1}^n w_i \tilde{r}_i \quad (2.23)$$

Donde $\tilde{r}_i = E(r_i)$ es la tasa esperada de rendimiento del activo i , w_i es la ponderación que el activo i tiene en el portafolio, de manera que $\tilde{r}_p = E(r_p)$, la tasa esperada de rendimiento del portafolio compuesto por n activos, es un promedio ponderado de los rendimientos de todos sus componentes. Es claro que la suma de las ponderaciones debe ser igual a la unidad, de manera que podemos describir la restricción del problema como:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Si esta es la única restricción entonces debemos aceptar que pueden resultar ponderadores negativos, lo que implica reconocer la posibilidad de que un portafolio puede estar constituido por algunos componentes que en realidad son un pasivo. Esto es factible sólo si las instituciones financieras permiten las ventas en corto.¹¹

La varianza del rendimiento del portafolio es:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_i w_k \sigma_{ik} \quad (2.24)$$

La cuál puede expresarse mediante el algebra de matrices de la siguiente forma:

$$\sigma_p^2 = W^T S W \quad (2.25)$$

Siendo $S = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1n} \\ \dots & \ddots & \dots \\ \sigma_{n1} & \dots & \sigma_{nn} \end{pmatrix}$

La matriz de varianzas y covarianzas de los rendimientos de los n activos y donde σ_{ik} es la covarianza de los rendimientos de los activos cuando $i \neq k$; cuando $i = k$ tenemos la covarianza del activo consigo mismo, lo que es igual a la definición de la varianza del rendimiento del activo. De manera que los elementos de la diagonal principal con las varianzas de los n activos y el resto de las covarianzas.

¹¹ Una venta en corto es la venta de un activo que ha sido tomado en préstamo y la utilización de este ingreso para la compra de otro activo. Para los fines de esta investigación se permitirá que se realicen los cálculos con ventas en corto.

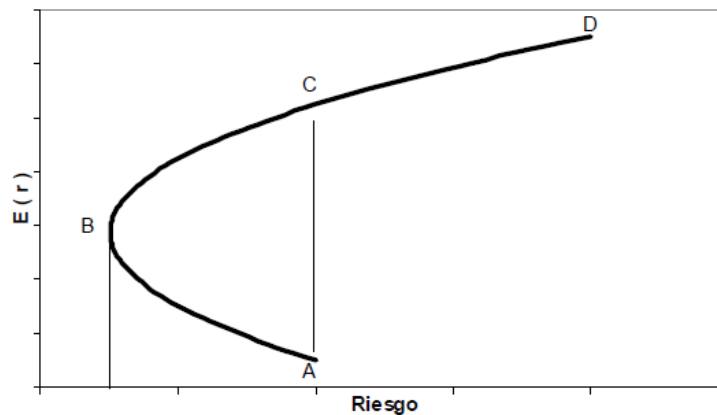
Por otro lado, la covarianza entre dos activos puede definirse también como $\sigma_{ik} = \rho_{ik} \sigma_k \sigma_i$, donde ρ_{ik} es el coeficiente de correlación de los rendimientos de ambos activos. De manera que la desviación estándar del rendimiento del portafolio admite una expresión en términos del coeficiente de correlación como sigue:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_i w_k \sigma_{ik} \sigma_i \sigma_k} \quad (2.26)$$

Este coeficiente tiene un rango de fluctuación de $-1 \leq \rho \leq 1$. El coeficiente de correlación es una medida de cómo se comportan los rendimientos de los activos ante diversas circunstancias que los afectan. Cuando $\rho_{ik} = 1$ los rendimientos se mueven en el mismo sentido y de manera proporcional por lo que tiene una correlación positiva perfecta. Cuando, $\rho_{ik} = -1$, los rendimientos se mueven en sentidos opuestos por lo que tiene una correlación negativa perfecta. Si $\rho_{ik} = 0$, los rendimientos no tienen relación alguna porque se mueven de manera independiente. Mientras más bajo sea el parámetro, menor será la desviación estándar del rendimiento del portafolio.

Una descripción gráfica de la relación riesgo-rendimiento de las diversas combinaciones posibles de activos para un valor del coeficiente de correlación se puede observar en la Figura 2-9.

Figura 2-9 Curva de varianza mínima



Fuente: Lasa (s. f.)

La línea ABCD es llamada curva de varianza mínima porque los puntos que la componen son aquellas combinaciones de activos que producen la varianza mínima para cada tasa de rendimiento. El punto B es la combinación que tiene varianza mínima de todas las combinaciones posibles y es llamado el punto de varianza mínima global. Cualquier punto entre el segmento AB no sería elegido por el inversionista debido a que cualquier punto en el segmento BC le ofrece para cada nivel de riesgo una expectativa de rendimiento superior. Por la misma razón, el tramo BD domina a todo el resto de las combinaciones posibles y por ello se denomina la frontera eficiente de oportunidades de inversión.

Cuando suponemos que la venta en corto es factible, resulta relativamente sencillo encontrar la curva de varianza mínima global y la frontera eficiente. Esto se puede hacer mediante un proceso de optimización, utilizando el método de multiplicadores de Lagrange y el algebra matricial.

Continuaremos con el desarrollo siguiendo a Lasa (s. f.), para encontrar la combinación precisa de los n activos (el vector W) que produce el portafolio de varianza mínima global se plantea el siguiente problema de optimización restringida:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \frac{1}{2} \sigma_p^2 \\ & \text{s. a. } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \end{aligned}$$

Nótese que minimizamos la expresión $\frac{1}{2} \sigma_p^2$ y no σ_p^2 porque produce el mismo resultado y nos facilita la expresión y resolución matemática. Este problema de optimización se resuelve fácilmente mediante la técnica de multiplicadores de Lagrange. La función lagrangeana es:

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_i w_k \sigma_{ik} + \lambda \left(1 - \sum_{i=1}^n w_i \right) \quad (2.27)$$

Donde λ es el multiplicador de Lagrange.

La condición de primer orden para obtener los puntos críticos consiste en derivar parcialmente respecto a los n ponderadores (w_i) y respecto al multiplicador de Lagrange, luego igualamos a cero y podemos despejar los n valores w y λ .

$$\frac{\partial L}{\partial w_1} = w_1\sigma_{11} + w_2\sigma_{12} + \dots + w_n\sigma_{1n} - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_2} = w_1\sigma_{21} + w_2\sigma_{22} + \dots + w_n\sigma_{2n} - \lambda = 0$$

...

$$\frac{\partial L}{\partial w_n} = w_1\sigma_{n1} + w_2\sigma_{n2} + \dots + w_n\sigma_{nn} - \lambda = 0 \quad (2.28)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = w_1 + w_2 + \dots + w_n - 1 = 0 \quad (2.29)$$

Con una ligera manipulación matemática podemos representar la condición de primer orden como un sistema de $n + 1$ ecuaciones y el mismo número de incógnitas, el cual se expresa en el álgebra de matrices como: $V1 W1 = B1$.

Donde:

$$V1 = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad W1 = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \\ \lambda \end{pmatrix}; \quad B1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Premultiplicando a ambos lados de $V1 W1 = B1$, por la matriz inversa de $V1$ la cual debe ser una matriz no singular: $V1^{-1} V1 W1 = V1^{-1} B1$ de manera que el vector de incógnitas del problema de optimización es: $W1 = V1^{-1} B1$.

El vector $W1$ que hemos encontrado corresponde a las ponderaciones que debe tener cada uno de los n activos en el portafolio que produce la varianza más baja de todos los portafolios que se pueden construir con esos activos, más el valor del multiplicador λ .¹² Puesto que conocemos el rendimiento y la varianza de cada uno de los activos podemos conocer el riesgo y el rendimiento del portafolio, a dicha tasa de rendimiento del portafolio le llamamos \tilde{r}_{pm} .

¹² En la presente investigación no verificamos la condición de segundo orden mediante los determinantes hessianos.

El problema ahora consiste en encontrar las combinaciones de los n activos que producen varianza mínima para una tasa esperada de rendimiento dada, tal que sea superior a \tilde{r}_{pm} . Repitiendo este procedimiento para distintas tasas esperadas de rendimiento encontraremos los portafolios que dibujan la frontera eficiente, es decir, el tramo BD de la curva.

Formalmente, el problema de optimización restringida consiste ahora en lo siguiente:

$$\begin{aligned} \min \frac{1}{2} \sigma_p^2 &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_i w_k \sigma_{ik} & (2.30) \\ \text{s. a. } \bar{r}_p &= \sum_{i=1}^n w_i \tilde{r}_i \\ 1 &= \sum_{i=1}^n w_i \end{aligned}$$

Donde \bar{r}_p es una tasa de rendimiento arbitrariamente escogida pero superior a \tilde{r}_{pm} .

Planteamos el Lagrangeano como:

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_i w_k \sigma_{ik} + \lambda \left(\bar{r}_p - \sum_{i=1}^n w_i \tilde{r}_i \right) + \gamma \left(1 - \sum_{i=1}^n w_i \right) \quad (2.31)$$

Las condiciones de primer orden para un mínimo son:

$$\frac{\partial L}{\partial w_1} = w_1 \sigma_{11} + w_2 \sigma_{12} + \dots + w_n \sigma_{1n} - \lambda \tilde{r}_1 - \gamma = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_2} = w_1 \sigma_{21} + w_2 \sigma_{22} + \dots + w_n \sigma_{2n} - \lambda \tilde{r}_2 - \gamma = 0$$

...

$$\frac{\partial L}{\partial w_n} = w_1 \sigma_{n1} + w_2 \sigma_{n2} + \dots + w_n \sigma_{nn} - \lambda \tilde{r}_n - \gamma = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = w_1 \tilde{r}_1 + w_2 \tilde{r}_2 + \dots + w_n \tilde{r}_n - \bar{r}_p = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma} = w_1 + w_2 + \dots + w_n - 1 = 0$$

La condición de primer orden es un sistema de $n + 2$ ecuaciones lineales con igual número de incógnitas: los n valores de w y los dos multiplicadores λ y γ . Este sistema se puede expresar, de nuevo, mediante el algebra de matrices como: $V2 W2 = B2$. Donde:

$$V2 = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} & \tilde{r}_1 & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} & \tilde{r}_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_{nn} & \tilde{r}_n & 1 \\ \tilde{r}_1 & \tilde{r}_2 & \cdots & \tilde{r}_n & 0 & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad W2 = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \\ \lambda \\ \gamma \end{pmatrix}; \quad B2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \bar{r}_p \\ 1 \end{pmatrix}$$

Premultiplicando ambos lados de $V2 W2 = B2$ por la inversa de $V2$ nos queda: $V2^{-1} V2 W2 = V2^{-1} B2$. De manera que el vector solución es $W2 = V2^{-1} B2$.

La solución del sistema nos da, además de los dos multiplicadores de Lagrange, las proporciones que hay que invertir en cada uno de los n activos para obtener la tasa de rendimiento \bar{r}_p y que ese portafolio tenga la varianza mínima dentro de todos los portafolios que tienen esa tasa esperada de rendimiento. Si repetimos el procedimiento anterior para un conjunto de valores distintos de \bar{r}_p que sean superiores a \tilde{r}_{pm} podemos tener un número suficientemente grande de portafolios que forman parte de la frontera eficiente.

3. RESULTADOS Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

En este capítulo se determina, mediante la metodología descrita en el capítulo dos, si el comportamiento de un portafolio de inversión es afectado por los movimientos externos de las variables macroeconómicas debido a los activos que han sido elegidos para conformarlo. De ocurrir de esta forma, se analizará la posibilidad de modificar los activos financieros con el objetivo de reducir el riesgo no diversificable en el sentido de Titman (2013).

3.1 DESCRIPCIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

El presente trabajo se encuentra acotado al mercado mexicano y sólo a las empresas que se encuentran listadas en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), donde actualmente cotizan solamente 146 empresas en el mercado de capitales.

Se obtuvieron estadísticas para cada una de ellas desde el inicio de sus operaciones para las que comenzaron a cotizar después del año 2000, para aquellas empresas que iniciaron cotizaciones antes del 2000 sólo se encuentran disponibles desde este año, por lo que las estadísticas más antiguas no están disponibles. Se utilizaron los precios de cierre del periodo de cotización y se compuso una serie de tiempo con periodicidad mensual, utilizando como cifra del mes la registrada en el último día de cotizaciones de dicho mes.¹³

Las estadísticas sobre variables macroeconómicas fueron obtenidas del Sistema de Información Estadística (SIE) del Banco de México. La tasa de interés de los cetes a 28 días, el índice global de la actividad económica (IGAE), los agregados monetarios M1 y M2, el tipo de cambio peso-dólar y la producción industrial se obtuvieron desde el mes de enero de 2000 hasta mayo del 2019.

De las series existentes es necesario realizar un filtro previo antes de aplicar la metodología descrita en el capítulo anterior. Esto es necesario debido al volumen de cálculos que se requiere realizar para cada una de las series accionarias, por tal motivo se procesa la información a través del análisis técnico que se utiliza para el análisis bursátil. A las series elegidas al final del procesamiento se le aplicará la metodología para construir el portafolio e inversión con ellas.

El primer análisis y filtrado de la información se realizó sobre las cifras históricas de los precios de cierre de cada emisora a través de hojas de cálculo de Excel. Se realizó un análisis gráfico de la dinámica histórica para cada una revisando la tendencia de la serie de tiempo. El análisis gráfico ayudó a identificar las emisoras que han presentado una tendencia negativa a lo largo del periodo de estudio; por ejemplo, comportamientos como el que se observa en la

Figura 3-1, no son buenos candidatos para la conformación de nuestro portafolio.

¹³ El banco de México presenta estadísticas sobre el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC) de forma mensual, la forma en la que la componen es registrar como cifra del mes, la cifra del cierre del índice al último día de cada mes. De forma análoga en esta investigación se construyeron las estadísticas por emisora para guardar coherencia en la construcción de las series.

Como se puede observar la serie presenta una caída mes con mes en el precio de cierre de sus activos, por lo que es altamente probable que continúe cayendo en los próximos periodos. Es importante recalcar que se analiza una frecuencia relativamente larga, si observamos los precios de cierre de frecuencias más cortas de, por ejemplo, 5 o 1 día; podríamos aprovechar las fluctuaciones para hacer compras y ventas en periodos más cortos. Para nuestro análisis es preferible utilizar frecuencias más largas.

Figura 3-1 GICSAB.MX precios de cierre de junio 2015 a octubre 2019



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Yahoo Finance.

Después de realizar el primer filtro a través del análisis gráfico, se procede a estimar la tasa de rendimiento acumulado desde el inicio de sus operaciones hasta el último día con datos y compararla con el rendimiento acumulado del último mes. El criterio utilizado para filtrar la información fue el siguiente: si una serie de tiempo presenta un rendimiento positivo durante todo el periodo, pero un rendimiento negativo o relativamente bajo en el último mes, entonces es probable que continúe con la tendencia alcista y el último mes sea sólo un breve periodo bajista, lo que representa una buena oportunidad de inversión puesto que se

puede aprovechar la baja en el precio. Revisado lo anterior, se procedió a elegir las principales acciones que cumplen con este criterio.

El siguiente filtro consistió en un análisis de correlación sobre las series, en este caso se cruzó la información sobre el rendimiento con sus coeficientes de correlación. El criterio utilizado en este caso fue seleccionar las emisoras con mayor rendimiento histórico que a su vez tuvieran un coeficiente de correlación muy negativo respecto a otro activo financiero con rendimiento histórico alto. En Tabla 3-1 se puede observar la matriz de correlación obtenida.

Se eligieron series con coeficientes negativos para poder realizar estrategias de cobertura. Como se describió anteriormente, un coeficiente de correlación negativo indica que cuando un activo baja de precio el otro activo tiende a subir lo que compensa la posible pérdida de rentabilidad, contrarresta la pérdida del primer activo con la ganancia del segundo. Si se eligieran activos con coeficientes de correlación positivos es muy probable que las pérdidas sean mayores debido a que todos los activos tenderían a bajar de precio al mismo tiempo.

Tabla 3-1 Matriz de correlación entre las principales emisoras seleccionadas.

	ACCELSAB.MX	ALSEA.MX	AMXL.MX	ASURB.MX	AUTLANB.MX	BACHOCOB.MX	FRAGUAB.MX	ELEKTRA.MX	CYDSASAA.MX	CMRB.MX	CMOCTEZ.MX	MEDICAB.MX	LAMOSAMX	KUOB.MX	KIMBERA.MX	INVEXA.MX	GMEXICOB.MX	
ACCELSAB.MX	1.000																	
ALSEA.MX	0.170	1.000																
AMXL.MX	-0.054	-0.250	1.000															
ASURB.MX	0.511	0.856	-0.058	1.000														
AUTLANB.MX	0.014	0.067	0.696	0.252	1.000													
BACHOCOB.MX	0.429	0.892	-0.024	0.928	0.230	1.000												
FRAGUAB.MX	0.594	0.394	0.029	0.495	0.116	0.539	1.000											
ELEKTRA.MX	0.617	-0.257	0.313	0.160	0.326	-0.015	0.072	1.000										
CYDSASAA.MX	0.439	0.678	0.099	0.663	0.316	0.794	0.749	-0.034	1.000									
CMRB.MX	-0.026	0.859	-0.322	0.704	0.017	0.746	0.138	-0.380	0.472	1.000								
CMOCTEZ.MX	0.452	0.858	0.034	0.960	0.326	0.934	0.542	0.154	0.728	0.646	1.000							
MEDICAB.MX	-0.220	0.490	-0.002	0.197	0.043	0.457	0.264	-0.570	0.612	0.521	0.235	1.000						
LAMOSAMX	0.376	0.936	-0.149	0.926	0.165	0.943	0.552	-0.069	0.760	0.793	0.932	0.411	1.000					
KUOB.MX	0.714	0.557	-0.025	0.820	0.277	0.666	0.516	0.474	0.542	0.342	0.807	-0.204	0.687	1.000				
KIMBERA.MX	-0.050	0.543	-0.686	0.310	-0.549	0.332	0.084	-0.477	0.108	0.587	0.245	0.221	0.414	0.117	1.000			
INVEXA.MX	0.734	0.674	0.039	0.884	0.734	0.827	0.699	0.356	0.739	0.393	0.905	0.075	0.829	0.888	0.104	1.000		
GMEXICOB.MX	0.265	0.511	0.274	0.698	0.621	0.656	0.280	0.152	0.465	0.513	0.693	0.059	0.632	0.609	0.024	0.618	1.000	
GIGANTE.MX	0.175	0.757	0.033	0.664	0.227	0.807	0.510	-0.244	0.815	0.672	0.674	0.786	0.773	0.310	0.213	0.550	0.393	
GFNORTEO.MX	0.481	0.796	-0.059	0.887	0.268	0.820	0.555	0.106	0.669	0.607	0.882	0.129	0.857	0.837	0.359	0.838	0.712	
POSADASA.MX	0.372	0.920	-0.279	0.933	0.040	0.904	0.383	-0.046	0.578	0.816	0.892	0.258	0.933	0.692	0.479	0.761	0.574	
PE&OLES.MX	-0.484	-0.457	0.166	-0.380	0.233	-0.528	-0.699	0.078	-0.688	-0.228	-0.410	-0.533	-0.525	-0.217	-0.232	-0.512	0.098	
RASSINIA.MX	0.447	0.858	-0.117	0.915	0.138	0.928	0.444	0.027	0.701	0.734	0.883	0.403	0.892	0.679	0.299	0.786	0.545	
VITROA.MX	0.309	0.915	-0.149	0.932	0.198	0.916	0.367	-0.035	0.615	0.852	0.904	0.324	0.926	0.663	0.432	0.732	0.657	
SORIANAB.MX	-0.765	0.056	-0.199	-0.252	-0.105	-0.225	-0.459	-0.642	-0.300	0.322	-0.268	0.170	-0.145	-0.371	0.414	-0.549	-0.025	
SIMECB.MX	0.163	0.418	-0.144	0.508	0.351	0.433	0.250	-0.113	0.292	0.517	0.449	-0.001	0.465	0.487	0.229	0.391	0.697	
PAPPEL.MX	0.252	0.427	-0.417	0.309	-0.179	0.368	0.395	-0.232	0.442	0.489	0.262	0.381	0.443	0.231	0.575	0.295	0.187	
GCARSOA1.MX	0.660	0.490	0.185	0.806	0.465	0.662	0.494	0.546	0.485	0.237	0.826	-0.238	0.654	0.902	-0.083	0.901	0.697	
CIDMEGA.MX	0.488	0.892	-0.175	0.926	0.089	0.948	0.551	0.004	0.745	0.731	0.904	0.385	0.939	0.682	0.361	0.823	0.520	
WALMEX.MX	0.679	0.409	0.017	0.685	0.126	0.540	0.418	0.531	0.337	0.092	0.690	-0.326	0.523	0.812	0.045	0.788	0.418	
RCENTROA.MX	-0.510	-0.307	0.173	-0.542	0.043	-0.402	-0.123	-0.386	-0.014	-0.238	-0.465	0.412	-0.375	-0.544	-0.188	-0.476	-0.353	
CERAMICB.MX	0.592	0.799	0.003	0.960	0.323	0.915	0.627	0.230	0.752	0.594	0.969	0.184	0.921	0.863	0.189	0.956	0.705	
GAPB.MX	0.535	0.853	-0.142	0.974	0.145	0.923	0.445	0.146	0.629	0.702	0.930	0.174	0.902	0.809	0.354	0.853	0.641	
OMAB.MX	0.594	0.838	-0.191	0.948	0.059	0.918	0.519	0.138	0.684	0.660	0.907	0.250	0.893	0.792	0.369	0.868	0.552	
MEGACPO.MX	0.623	0.820	-0.078	0.910	0.188	0.910	0.662	0.156	0.827	0.584	0.925	0.301	0.908	0.809	0.226	0.934	0.558	
BAFARB.MX	0.602	0.785	-0.212	0.820	0.016	0.866	0.723	0.035	0.802	0.596	0.824	0.375	0.887	0.669	0.411	0.856	0.456	
	GIGANTE.MX	GFNORTEO.MX	POSADASA.MX	PE&OLES.MX	RASSINIA.MX	VITROA.MX	SORIANAB.MX	SIMECB.MX	PAPPEL.MX	GCARSOA1.MX	CIDMEGA.MX	WALMEX.MX	RCENTROA.MX	CERAMICB.MX	GAPB.MX	OMAB.MX	MEGACPO.MX	BAFARB.MX
GIGANTE.MX	1.000																	
GFNORTEO.MX	0.540	1.000																
POSADASA.MX	0.661	0.792	1.000															
PE&OLES.MX	-0.632	-0.314	-0.395	1.000														
RASSINIA.MX	0.779	0.733	0.925	-0.483	1.000													
VITROA.MX	0.697	0.812	0.948	-0.348	0.894	1.000												
SORIANAB.MX	-0.124	-0.108	-0.119	0.490	-0.251	-0.050	1.000											
SIMECB.MX	0.245	0.541	0.488	0.151	0.391	0.530	0.222	1.000										
PAPPEL.MX	0.336	0.448	0.313	-0.433	0.239	0.367	0.138	0.379	1.000									
GCARSOA1.MX	0.303	0.774	0.639	-0.172	0.626	0.636	-0.510	0.452	0.067	1.000								
CIDMEGA.MX	0.780	0.773	0.946	-0.597	0.953	0.915	-0.286	0.390	0.318	0.640	1.000							
WALMEX.MX	0.192	0.632	0.585	-0.220	0.585	0.486	-0.552	0.152	-0.136	0.827	0.594	1.000						
RCENTROA.MX	0.028	-0.390	-0.560	0.043	-0.447	-0.502	0.336	-0.301	0.055	-0.572	-0.496	-0.600	1.000					
CERAMICB.MX	0.663	0.889	0.874	-0.450	0.873	0.865	-0.372	0.507	0.318	0.871	0.902	0.715	-0.481	1.000				
GAPB.MX	0.633	0.847	0.953	-0.383	0.936	0.919	-0.260	0.458	0.258	0.761	0.941	0.720	-0.604	0.926	1.000			
OMAB.MX	0.680	0.838	0.920	-0.499	0.943	0.870	-0.326	0.387	0.328	0.726	0.935	0.710	-0.517	0.919	0.969	1.000		
MEGACPO.MX	0.716	0.835	0.861	-0.599	0.904	0.830	-0.424	0.383	0.347	0.764	0.929	0.689	-0.423	0.950	0.906	0.935	1.000	
BAFARB.MX	0.688	0.780	0.798	-0.737	0.778	0.779	-0.362	0.368	0.619	0.620	0.872	0.496	-0.364	0.864	0.796	0.842	0.892	1.000

Fuente: Elaboración propia con cifras obtenidas de Yahoo Finance.

Del análisis anterior se concluye que las series que cumplen todos los criterios de filtrado son cinco: KIMBERA.MX, ALSEA.MX, POSADASA.MX, AMXL.MX, VITROA.MX. Serán estas series las que se utilicen para la metodología descrita en el capítulo anterior y que conformarán el portafolio de inversión.

En la siguiente sección comienza a procesarse la información. La primera parte, el análisis de cointegración se analiza a través de un paquete estadístico llamado Eviews, mientras que la segunda parte correspondiente a la metodología de calcula a través de la plataforma web propuesta en el presente trabajo.

3.2 ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN

A continuación, se presentan las pruebas de raíz unitaria simples y con cambio estructural tanto para las series accionarias como para las variables macroeconómicas. Una vez que se identifique si las series son integradas del mismo orden entonces se puede proceder al análisis de cointegración. Cuando se determine cuáles series presentan una relación estable en el largo plazo aplicaremos la metodología de ciclos económicos para analizar su dinámica.

3.2.1 PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA SIN CAMBIO ESTRUCTURAL

En esta sección se aplican las pruebas descritas por Engle y Granger para determinar si las series presentan estacionariedad. Los cálculos se realizaron utilizando el paquete econométrico Eviews 10 y se muestran en la Tabla 3-2.

La prueba se lee observando los t-estadísticos calculados y comparándolos con los valores críticos de Mackinnon. Si el t-estadístico supera los valores críticos (siendo más negativos) entonces la serie no presenta raíz unitaria, es decir, es estacionaria. Significa que no es necesario aplicar primeras diferencias para inducir estacionariedad y por lo tanto es integrada de orden 0 $I(0)$. Este tipo de series no son propias de incluirse dentro del análisis de cointegración.

Tabla 3-2 Salida de la prueba de raíz unitaria para la serie de logaritmos de ALSEAA.MX.

Null Hypothesis: LALSEA has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=14)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-0.690765	0.8457
Test critical values:	1% level		-3.458470	
	5% level		-2.873809	
	10% level		-2.573384	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LALSEA)				
Method: Least Squares				
Date: 11/04/19 Time: 14:28				
Sample (adjusted): 2000M02 2019M05				
Included observations: 232 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LALSEA(-1)	-0.003303	0.004781	-0.690765	0.4904
C	0.019221	0.013273	1.448185	0.1489
R-squared	0.002070	Mean dependent var		0.011126
Adjusted R-squared	-0.002269	S.D. dependent var		0.094801
S.E. of regression	0.094908	Akaike info criterion		-1.863233
Sum squared resid	2.071735	Schwarz criterion		-1.833519
Log likelihood	218.1350	Hannan-Quinn criter.		-1.851250
F-statistic	0.477157	Durbin-Watson stat		1.683304
Prob(F-statistic)	0.490409			

Fuente: Elaboración propia con cifras obtenidas de Yahoo Finance.

Los resultados presentados en Tabla 3-3 corresponden a una serie no estacionaria debido a que no supera los valores críticos por lo que es factible de utilizarse en el análisis de cointegración.

Tabla 3-3 Muestra la salida de la prueba de raíz unitaria de Phillips y Perron.

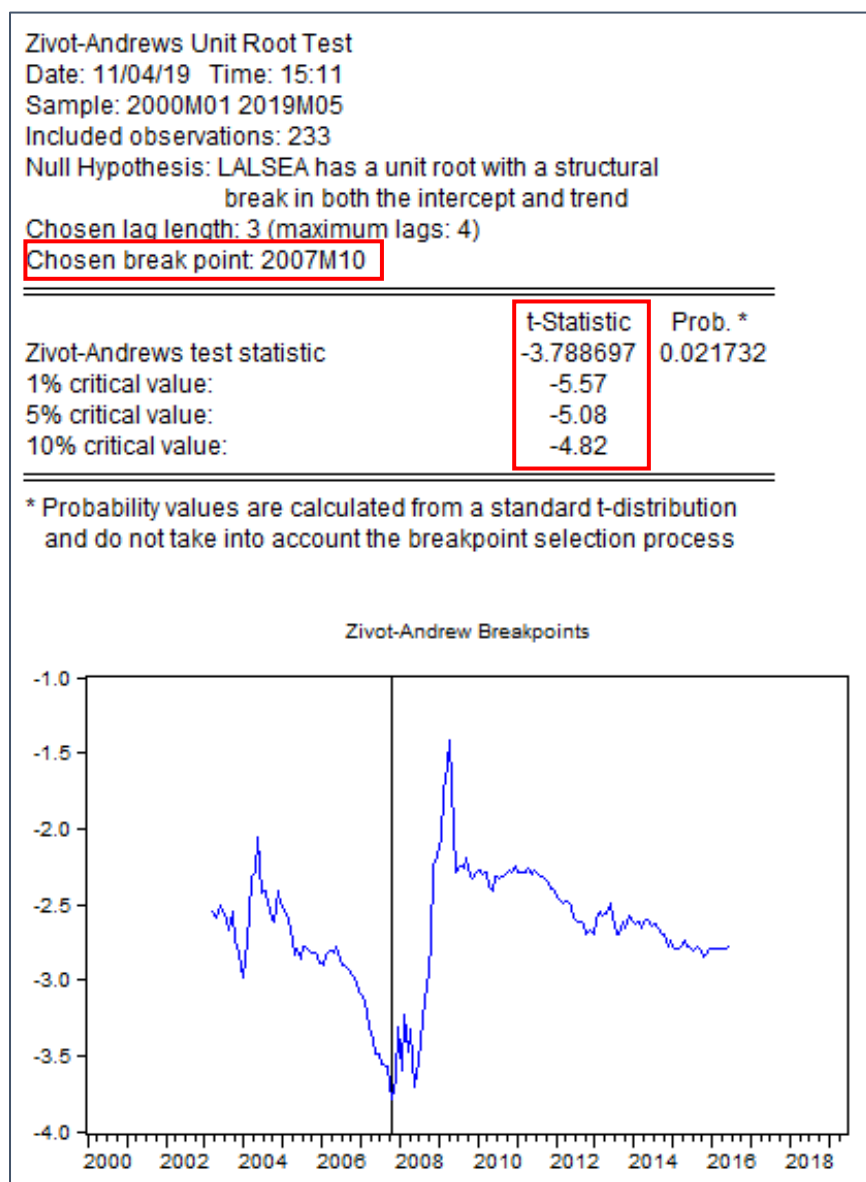
Null Hypothesis: LALSEA has a unit root				
Exogenous: Constant				
Bandwidth: 7 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel				
			Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic			-0.848480	0.8029
Test critical values:	1% level		-3.458470	
	5% level		-2.873809	
	10% level		-2.573384	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Residual variance (no correction)				0.00893...
HAC corrected variance (Bartlett kernel)				0.01629...
Phillips-Perron Test Equation				
Dependent Variable: D(LALSEA)				
Method: Least Squares				
Date: 11/04/19 Time: 14:58				
Sample (adjusted): 2000M02 2019M05				
Included observations: 232 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LALSEA(-1)	-0.003303	0.004781	-0.690765	0.4904
C	0.019221	0.013273	1.448185	0.1489
R-squared	0.002070	Mean dependent var		0.011126
Adjusted R-squared	-0.002269	S.D. dependent var		0.094801
S.E. of regression	0.094908	Akaike info criterion		-1.863233
Sum squared resid	2.071735	Schwarz criterion		-1.833519
Log likelihood	218.1350	Hannan-Quinn criter.		-1.851250
F-statistic	0.477157	Durbin-Watson stat		1.683304
Prob(F-statistic)	0.490409			

Fuente: Elaboración propia con cifras obtenidas de Yahoo Finance.

La prueba se lee de forma análoga a la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF), si el t-estadístico calculado supera los valores críticos de Mackinnon

entonces la serie presenta estacionariedad. De nueva cuenta, es preferible para los fines de nuestra investigación que las series sean integradas de orden 1 y no de orden 0, por lo que el resultado en este caso es favorable. Finalmente se aplican las pruebas de raíz unitaria, pero considerando un cambio estructural de acuerdo con Zivot y Andrews. En la Tabla 3-4 se presenta la salida de la estimación de la prueba a través de Eviews.

Tabla 3-4 Salida de la prueba de raíz unitaria de Zivot-Andrews para la serie de logaritmos de ALSEAA.MX



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

En la salida es necesario revisar, además de que el t-estadístico supere los valores críticos, el periodo de quiebre, en caso de que la serie resulte estacionaria. Como se puede observar, en este caso no se supera la prueba y por lo tanto presenta raíz unitaria, si el t-estadístico hubiese superado los valores críticos entonces se diría que la serie es estacionaria ante la presencia de un quiebre estructural en octubre de 2007.

La siguiente Tabla 3-5 muestra el resumen de las pruebas para cada una de las series revisadas y para cada una de las pruebas en todas las variantes.

Tabla 3-5 Resumen con los resultados de las pruebas de raíz unitaria para cada serie de tiempo

Variante	ADF	PP	ZA	Breakpoint
CETES 28 DÍAS				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
M1				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
M2				
Intercepto	NO	NO	SI	2005M12
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	SI	2005M10
MXN/USD				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
INDICE GLOBAL DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA (IGAE)				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
ALSEA.MX				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
KIMBERA.MX				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
POSADASA.MX				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	SI	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
AMXL.MX				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	
VITROA.MX				
Intercepto	NO	NO	NO	
Tendencia e intercepto	NO	NO	NO	
Ninguno	NO	NO	-	
Ambos	-	-	NO	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que, en su mayoría, las series no presentan estacionariedad ni ante la presencia de quiebres estructurales. Sólo en el caso de POSADASA.MX se presenta estacionariedad en el modelo con tendencia e intercepto bajo la prueba de Phillips y Perron. Para el caso de las variables

macroeconómicas solo hay evidencia de estacionariedad con cambio estructural para el agregado monetario M2 con la ubicación del quiebre en 2005.

En estricto sentido, se debería de rechazar el uso del agregado monetario M2 para construir los modelos de correlación; sin embargo, debido a que no superó las pruebas de raíz unitaria para los modelos ADF y PP se procederá a estimar los modelos de cointegración para comprobar si pudiera presentar alguna relación en el largo plazo con las series de activos.

3.2.2 MODELOS DE COINTEGRACIÓN

En el capítulo dos se estableció que una condición fundamental para que dos series puedan ser cointegradas es que presenten el mismo orden de integración; en otras palabras, que ninguna serie presente estacionariedad.

A continuación, se presenta la salida del modelo de cointegración de Engle y Granger para ALSEA.MX, este modelo no toma en cuenta la presencia de cambios estructurales en las series, pero permite establecer una relación estable entre ellas en el largo plazo. El primer paso para realizar esta prueba es estimar un modelo de regresión lineal entre las dos series, mismo que se presenta en la Tabla 3-6.

En este modelo se deben revisar algunos estadísticos claves. La significancia estadística de los modelos se comprueba contrastando los valores de los *t*-estadísticos en tablas, Eviews proporciona una medida más eficaz para comprobarla, la cual consiste en revisar la probabilidad de cada variable, si la probabilidad es menor a 0.05 entonces la variable presenta significancia estadística. Se deben revisar los signos de los coeficientes estimados, estos deben ser consistentes con la teoría económica. El grado de ajuste del modelo se comprueba revisando el estadístico R^2 ; un estadístico cercano a 1 es deseable; sin embargo, se debe tener cuidado porque un valor superior a 0.8 podría ser un modelo “demasiado bueno” y podría estar presentando correlación serial.

Finalmente, se debe revisar el estadístico Durbin-Watson para comprobar autocorrelación en el modelo, de acuerdo con el estadístico de 0.049, no existe evidencia estadística de que los términos de error estén autocorrelacionados negativamente.

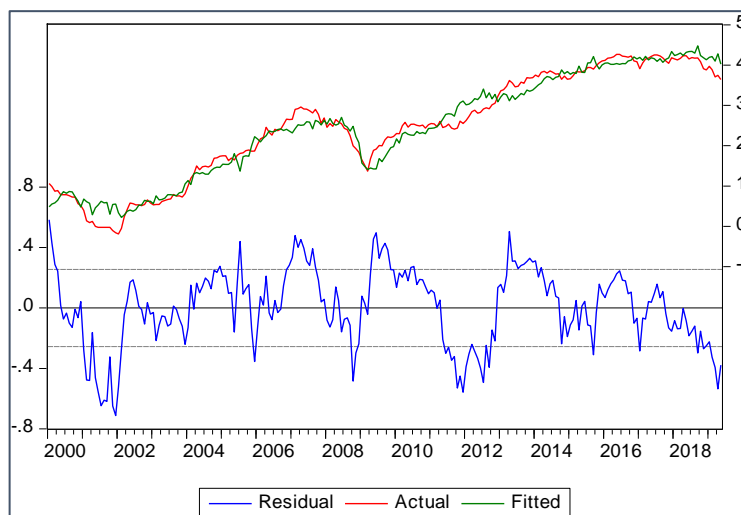
Tabla 3-6 Modelo de cointegración de Engle y Granger para ALSEA.MX y la producción industrial.

Dependent Variable: LALSEA Method: Least Squares Date: 11/05/19 Time: 02:18 Sample: 2000M01 2019M05 Included observations: 233				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGPRODINDU	0.076103	0.012411	6.132114	0.0000
@TREND	0.018192	0.000423	42.99015	0.0000
R-squared	0.894103	Mean dependent var	2.456140	
Adjusted R-squared	0.893645	S.D. dependent var	1.305549	
S.E. of regression	0.425767	Akaike info criterion	1.138699	
Sum squared resid	41.87518	Schwarz criterion	1.168322	
Log likelihood	-130.6585	Hannan-Quinn criter.	1.150644	
Durbin-Watson stat	0.049733			

Fuente: Elaboración propia.

Una vez evaluado el modelo se obtienen los residuos de la estimación. La Figura 3-2 muestra de forma gráfica la serie de residuos resultante del modelo.

Figura 3-2 Modelo de cointegración de Engle y Granger para ALSEA.MX y la producción industrial (representación gráfica).



Fuente: Elaboración propia.

La curva roja representa el movimiento actual de la variable dependiente mientras que la curva verde representa la curva ajustada correspondiente al modelo que trata de explicar el comportamiento de la variable dependiente de acuerdo con el movimiento de las variables independientes. Las desviaciones entre la serie real y la serie ajustada están representadas por la curva azul y son conocidos como los residuos del modelo.

Se extraen esta serie de residuos creando una nueva variable temporal R2 y sobre ellos se aplican las pruebas de raíz unitaria para comprobar que sean estacionarios. De nuevo, si el t-estadístico supera los valores críticos la serie presenta estacionariedad, de acuerdo con el modelo de cointegración de Engle y Granger si los residuos del modelo no presentan raíz unitaria entonces las series involucradas en el modelo están cointegradas. La Tabla 3-7 muestra la prueba de raíz unitaria ADF para el modelo descrito anteriormente.

Del mismo modo que en las pruebas anteriores debemos contrastar el estadístico con los valores críticos. En este caso los residuos si presentan estacionariedad debido a que el estadístico super los valores críticos hasta en un 99% de confianza, lo que también puede comprobarse con una probabilidad menor que 0.05.

Se realiza el mismo procedimiento para el resto de las series de activos financieros y se comprueba cointegración contra cada una de las variables macroeconómicas. En la Tabla 3-8 se resumen los resultados de cada una de las combinaciones posibles.

Tabla 3-7 Prueba de raíz unitaria ADF sobre los residuos del modelo.

Null Hypothesis: R2 has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=14)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-3.476667	0.0095
Test critical values:	1% level		-3.458594	
	5% level		-2.873863	
	10% level		-2.573413	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(R2)				
Method: Least Squares				
Date: 11/05/19 Time: 10:47				
Sample (adjusted): 2000M03 2019M05				
Included observations: 231 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R2(-1)	-0.122385	0.035202	-3.476667	0.0006
D(R2(-1))	-0.152619	0.065742	-2.321494	0.0211
C	3.90E-05	0.012449	0.003132	0.9975
R-squared	0.093184	Mean dependent var		0.000565
Adjusted R-squared	0.085230	S.D. dependent var		0.197824
S.E. of regression	0.189206	Akaike info criterion		-0.479059
Sum squared resid	8.162149	Schwarz criterion		-0.434352
Log likelihood	58.33133	Hannan-Quinn criter.		-0.461027
F-statistic	11.71463	Durbin-Watson stat		1.996213
Prob(F-statistic)	0.000014			

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Yahoo Finance.

Tabla 3-8 Resumen de las pruebas de cointegración de Engle y Granger.

Modelo	Simple	Constante	Tendencia	Cte. y Tend.	Modelo	Simple	Constante	Tendencia	Cte. y Tend.
ALSEA.MX					AMXL.MX				
ALSEA.MX-Cetes28	NO	NO	NO	NO	AMXL.MX-Cetes28	NO	NO	NO	NO
ALSEA.MX-IGAE	NO	NO	NO	NO	AMXL.MX-IGAE	NO	NO	NO	NO
ALSEA.MX-M2	NO	NO	NO	NO	AMXL.MX-M1	NO	NO	NO	NO
ALSEA.MX-M2	NO	NO	NO	NO	AMXL.MX-M2	NO	NO	NO	NO
ALSEA.MX-ProdIndu	NO	SI*	NO	SI*	AMXL.MX-ProdIndu	NO	NO	NO	NO
ALSEA.MX-MXNUSD	NO	NO	NO	NO	AMXL.MX-MXNUSD	NO	NO	NO	NO
KIMBERA.MX					VITROA.MX				
KIMBERA.MX-Cetes28	NO	NO	NO	SI	VITROA.MX-Cetes28	NO	NO	NO	NO
KIMBERA.MX-IGAE	NO	NO	NO	NO	VITROA.MX-IGAE	NO	NO	NO	NO
KIMBERA.MX-M1	NO	NO	NO	NO	VITROA.MX-M1	NO	NO	NO	NO
KIMBERA.MX-M2	NO	NO	NO	NO	VITROA.MX-M2	NO	NO	NO	NO
KIMBERA.MX-ProdIndu	NO	NO	NO	NO	VITROA.MX-ProdIndu	NO	NO	NO	NO
KIMBERA.MX-MXNUSD	NO	NO	NO	NO	VITROA.MX-MXNUSD	NO	NO	NO	NO
POSADASA.MX									
POSADASA.MX-Cetes28	NO	NO	NO	SI*					
POSADASA.MX-IGAE	SI*	NO	SI*	NO					
POSADASA.MX-M1	SI**	SI**	SI**	SI**					
POSADASA.MX-M2	SI**	SI**	SI**	SI**					
POSADASA.MX-ProdIndu	SI**	SI**	SI**	SI**					
POSADASA.MX-MXNUSD	SI**	SI**	SI**	SI**					

* Con un nivel de confianza de 90%

** Con un nivel de confianza de 95%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que la mayoría de las series no presentan una relación estable en el largo plazo. La única serie accionaria que presenta cointegración es POSADASA.MX con todas las variables macroeconómicas que se están estudiando. Hasta ahora tenemos ya evidencia clara para realizar el análisis de ciclos económicos entre estos pares de series de tiempo. Sin embargo, debido a que el objetivo que se está persiguiendo es conformar un portafolio de inversión es necesario descartar por completo que el resto de las series no presente cointegración con alguna variable macroeconómica, para esto procederemos a comprobarlo a través de modelos de cointegración que incluyan un quiebre estructural. Para este propósito, la Tabla 3-9 muestra la salida de la estimación del modelo de Gregory-Hansen.

Para resolver la prueba se debe contrastar el t-estadístico contra los valores críticos estimados en Gregory-Hansen (1996), si son superados entonces la prueba concluye que las series presentan cointegración. La misma prueba arroja ya el periodo de quiebre del modelo. En este caso concluimos que la serie es cointegrada con la producción industrial con un quiebre en agosto de 2008.

Tabla 3-9 Prueba de cointegración de Gregory-Hansen del modelo con salto.

THE GREGORY-HANS... COINTEGRATION TEST MODEL 2: Level Shift	
ADF Procedure	
t-stat	-4.886803
Lag	0.000000
Break	2008M08
Phillips Procedure	
Za-stat	-41.22171
Za-break	2008M09
Zt-stat	-4.847981
Zt-break	2008M09

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3-10 se resumen los resultados de las pruebas realizadas sobre el resto de las series.

Tabla 3-10 Resumen de las pruebas de Gregory-Hansen para todos los modelos.

Modelo	C	C/T	C/S	Breakpoint	Modelo	C	C/T	C/S	Breakpoint
ALSEA.MX					AMXL.MX				
ALSEA.MX-Cetes28	NO	NO	NO		AMXL.MX-Cetes28	NO	NO	NO	
ALSEA.MX-IGAE	NO	NO	NO		AMXL.MX-IGAE	NO	NO	NO	
ALSEA.MX-M2	NO	NO	NO		AMXL.MX-M1	NO	NO	NO	
ALSEA.MX-M2	NO	NO	NO		AMXL.MX-M2	NO	NO	NO	
ALSEA.MX-ProdIndu	SI	SI	SI	2008M08	AMXL.MX-ProdIndu	NO	NO	NO	
ALSEA.MX-MXNUSD	NO	NO	NO		AMXL.MX-MXNUSD	NO	NO	NO	
KIMBERA.MX					VITROA.MX				
KIMBERA.MX-Cetes28	NO	NO	NO		VITROA.MX-Cetes28	NO	SI	NO	2017M07
KIMBERA.MX-IGAE	NO	NO	SI	2009M05	VITROA.MX-IGAE	SI	SI	NO	2013M06
KIMBERA.MX-M1	NO	NO	SI	2012M10	VITROA.MX-M1	SI	SI	SI	2013M08
KIMBERA.MX-M2	NO	NO	SI	2011M07	VITROA.MX-M2	SI	NO	SI	2016M02
KIMBERA.MX-ProdIndu	SI	SI	SI	2008M12	VITROA.MX-ProdIndu	SI	SI	NO	2015M08
KIMBERA.MX-MXNUSD	NO	NO	NO		VITROA.MX-MXNUSD	SI	NO	NO	2012M01
POSADASA.MX									
POSADASA.MX-Cetes28	NO	NO	NO						
POSADASA.MX-IGAE	NO	NO	NO						
POSADASA.MX-M1	SI	NO	NO	2005M06					
POSADASA.MX-M2	SI	NO	NO	2010M06					
POSADASA.MX-ProdIndu	NO	SI	NO	2010M04					
POSADASA.MX-MXNUSD	SI	NO	SI	2005M08					

Fuente: Elaboración propia.

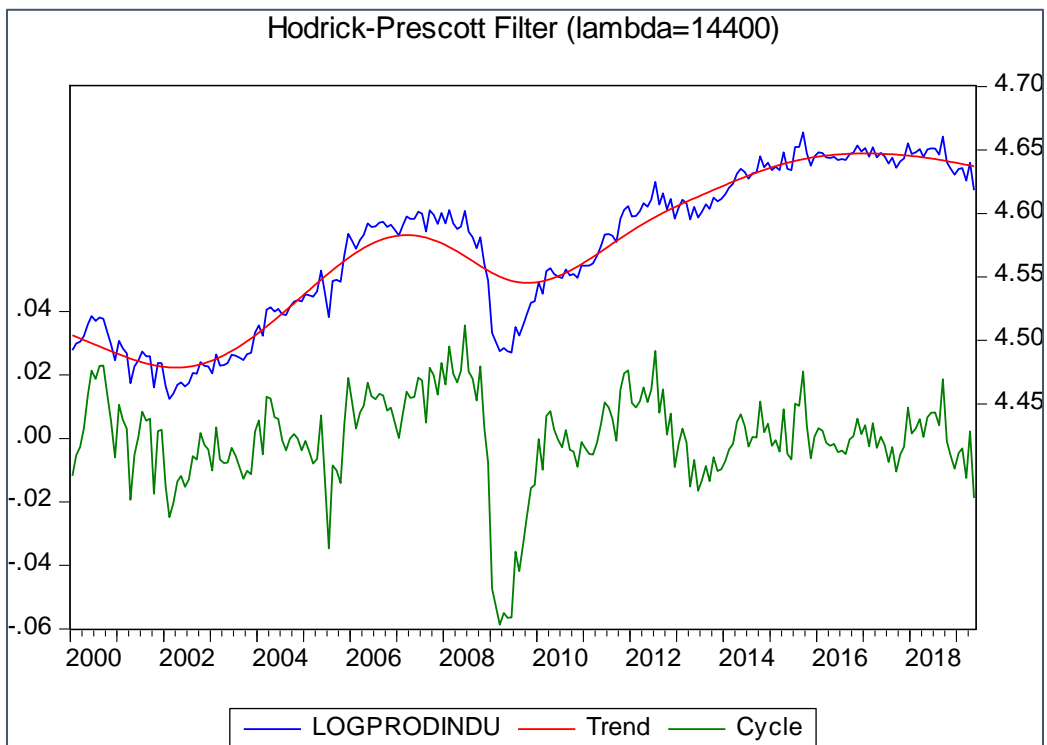
Las pruebas arrojan que la única serie que no muestra cointegración con alguna variable macroeconómica es AMXL.MX, el resto está cointegrada con al menos una variable. Es importante mantener la atención en las relaciones de

cointegración. Ahora que sabemos cuáles presentan una relación estable en el largo plazo podemos proceder a analizar los ciclos económicos.

3.3 ANÁLISIS DE CICLOS ECONÓMICOS

El análisis que se presenta en esta sección tiene una relación directa con el análisis de cointegración. Ahora que conocemos la variable macroeconómica con la que guarda relación alguna serie de activos financieros lo importante es saber qué tipo de relación ha mantenido en el histórico. Como se explicó en el capítulo anterior, debemos, en primer lugar, descomponer las series de tiempo a través del filtro Hodrick-Prescott y extraer el ciclo. La Figura 3-3 muestra la salida del filtro.

Figura 3-3 Filtro Hodrick-Prescott para extraer el ciclo de una serie de tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica se pueden observar tres curvas, LOGPRODINDU representa la serie original de la acción, Trend representa la tendencia de la serie y Cycle representa el ciclo. Una vez que logramos extraer el ciclo es necesario rezagarlo y adelantarlo

por 12 periodos que representan las correlaciones con cada uno de los meses correspondientes a un año de rezago o un año de adelanto y construir una matriz de correlación con cada una de las series accionarias para analizar la dinámica.

En la

Tabla 3-11 se presentan los resultados de las matrices de correlación.

Tabla 3-11 Resumen de resultados del análisis de ciclos económicos.

Variable	Coefficiente	Dirección	Ciclo	Ade/Rez	Grado	Variable	Coefficiente	Dirección	Ciclo	Ade/Rez	Grado
ALSEA.MX						POSADASA.MX					
Cetes28	-0.064741	Antecede	Contracíclica	8M	Débil	Cetes28	0.141854	Antecede	Procíclico	4M	Débil
ProdIndu	0.439646	Antecede	Procíclica	2M	Moderada	ProdIndu	0.42098	Antecede	Procíclico	3M	Moderado
M1	-0.13025	Sigue	Contracíclica	4M	Débil	M1	-0.013802	Sigue	Contracíclico	2M	Débil
M2	-0.290112	Sigue	Contracíclica	12M	Débil	M2	-0.073476	Antecede	Contracíclico	2M	Débil
MXNUSD	-0.347209	Sigue	Contracíclica	7M	Débil	MXNUSD	-0.433182	Antecede	Contracíclico	12M	Moderado
IGAE	0.462775	Antecede	Procíclica	2M	Moderada	IGAE	0.379169	Antecede	Procíclico	3M	Débil
KIMBERA.MX						VITROA.MX					
Cetes28	-0.084069	Antecede	Contracíclica	11M	Débil	Cetes28	0.141854	Antecede	Procíclico	4M	Débil
ProdIndu*	-0.409829	Antecede	Contracíclica	3M	Moderada	ProdIndu	0.429586	Contemporanea	Procíclico	0M	Moderada
M1	-0.077927	Sigue	Contracíclica	6M	Débil	M1	-0.258503	Sigue	Contracíclico	5M	Débil
M2	-0.320662	Antecede	Contracíclica	12M	Débil	M2	-0.411864	Antecede	Contracíclico	12M	Moderada
MXNUSD	-0.116723	Sigue	Contracíclica	12M	Débil	MXNUSD	-0.517095	Sigue	Contracíclico	11M	Moderada
IGAE	0.010029	Antecede	Procíclica	11M	Débil	IGAE	0.471994	Antecede	Procíclico	1M	Moderada
POSADASA.MX											
Cetes28		Antecede	Procíclica	10M	Débil						
ProdIndu	0.308958	Sigue	Procíclica	3M	Débil						
M1	-0.104708	Sigue	Contracíclica	12M	Débil						
M2	-0.245526	Sigue	Contracíclica	5M	Débil						
MXNUSD	-0.269624	Sigue	Contracíclica	12M	Débil						
IGAE	0.370549	Contemporanea	Procíclica	0M	Débil						

Fuente: Elaboración propia.

La tabla se lee de la siguiente manera: ALSEA.MX presenta una dinámica contracíclica débil con el tipo de cambio MXNUSD pero la sigue con 12 periodos de anticipación. De esta forma tenemos combinaciones de relaciones entre cada una de las variables.

Lo que se necesita ahora es seguir un análisis combinatorio entre los modelos de cointegración y la dinámica de ciclos. En otras palabras, las relaciones de largo plazo estimadas anteriormente se complementan con la dinámica que presentan. Bajo esta orden de ideas, parece factible revisar la dinámica de los pares de series de tiempo que están cointegradas. Por ejemplo, ALSEA.MX presenta una relación de cointegración con la producción industrial, después del análisis de series de

tiempo vemos que esa relación moderada es procíclica y que antecede a la producción industrial con 2 meses de anticipación.

Lo anterior es totalmente correcto de acuerdo con los procedimientos descritos; sin embargo, aunque sean correctos, no nos permite tener una expectativa sobre la dinámica futura de ALSEA.MX para tomar decisiones de inversión. Lo que se necesita ahora es identificar los ciclos en los que la variable financiera siga a la variable macroeconómica.

Por ejemplo, KIMBERA.MX y el agregado monetario M1 mantienen una relación estable en el largo plazo con un quiebre estructural, después del análisis de los ciclos obtenemos que KIMBERA.MX tiene una relación contracíclica con M1 por lo que tenderán a moverse en sentidos contrarios. Además, la relación es débil, pero se cumple que KIMBERA.MX sigue a M1 con seis periodos de anticipación. Por lo tanto, ahora debemos observar el movimiento del ciclo de M1 en $t - 5$ periodos para tener una expectativa del comportamiento futuro de KIMBERA.MX. Si M1 presentó una caída entonces podríamos esperar que KIMBERA.MX subiera de precio mientras que si M1 creció podríamos esperar que KIMBERA.MX bajara de precio.

3.4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

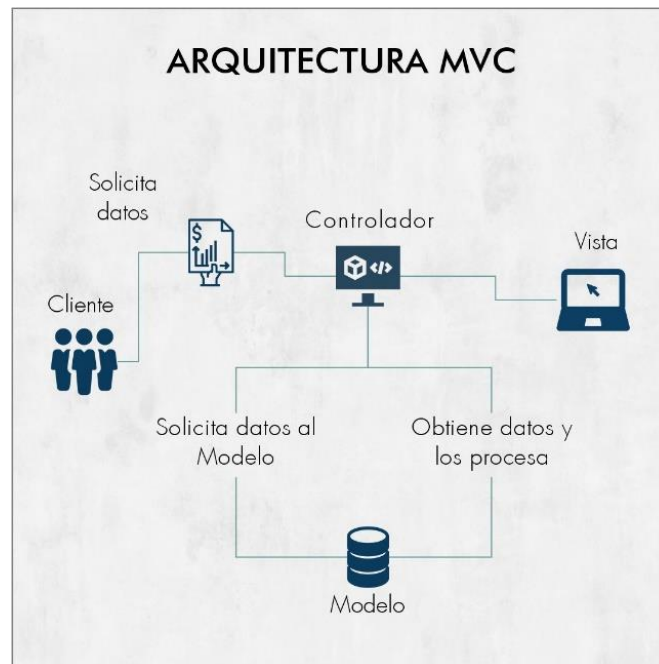
La arquitectura utilizada para el desarrollo de la aplicación sigue un patrón Modelo, Vista, Controlador (MVC) que permite separar la lógica de la vista de la aplicación en el diagrama de la *Figura 3-4* se explica de forma gráfica.

Este tipo de arquitectura permite separar los componentes por nivel de responsabilidad para evitar que las modificaciones de un fragmento de código afecten el resto. Las responsabilidades de cada uno son las siguientes:

- Controlador: Se encarga de realizar consultas a la base de datos de acuerdo con lo que solicita el cliente, procesa la información y la envía de vuelta a la vista.

- Modelo: Se encarga de los datos, actualización, almacenamiento y eliminación.
- Vista: Se encarga de mostrar la información que ha procesado y devuelto el controlador, todo aquello que esté relacionado con la visualización de los datos hacia el cliente.

Figura 3-4 Modelo MVC



Fuente: Elaboración propia

En términos generales, la aplicación se construyó en .NET lo que significa que la vista se desarrolló en código html y javascript, que se comunican a través de directivas angular. Entonces, los datos son enviados al controlador que fue desarrollado en lenguaje C# y que realiza consultas a la Base datos SQL. El retorno de la información se realizó de la misma forma, el controlador procesa los datos a través de las librerías que fueron desarrolladas para las operaciones con matrices que requiere el método y son devueltas a la vista.

Se adaptó una librería que permite consumir los datos de la API de Yahoo Finance, el resto de las librerías fueron construidas desde cero.

Con relación a los módulos a los que pueden acceder los usuarios se ha habilitado por el momento únicamente el módulo de construcción del portafolio eficiente. En este espacio el usuario puede elegir las acciones que quiere incluir en su portafolio, elige un periodo de análisis sobre el que se realizará la consulta de datos a Yahoo y se procesarán los cálculos. En todo momento el usuario es acompañado de ayudas visuales para poder utilizarla.

3.5 CONSTRUCCIÓN DEL PORTAFOLIO EFICIENTE

El objetivo del estudio es determinar si el comportamiento de un portafolio es afectado por choques externos provocados por el ciclo económico y tratar de reducirlo modificando la estructura inicial del portafolio. El análisis conjunto anterior sobre cointegración y ciclos económicos permitió observar los efectos, o falta de ellos, dentro del comportamiento de algunos activos financieros. De esta forma, si observamos que alguna variable puede ser afectada negativamente, simplemente lo dejamos fuera del portafolio de inversión y conseguimos reducir el riesgo no diversificable.

Para comprobar lo anterior el primer paso es conformar un portafolio de inversión que minimice el riesgo de acuerdo con la metodología de Markowitz (1952). Debido a que para la comprobación de la hipótesis será necesario realizar pruebas continuamente se decidió construir un programa para automatizarlos. A través de Visual Studio 2019 se generó un código en lenguaje C# dentro de un sitio web que realiza consultas en automático al servicio web del Banco de México y Yahoo Finanzas cálculos (ver

Una vez realizados los cálculos, el programa genera iteraciones hasta obtener los puntos que conforman la frontera eficiente y lo presenta tanto en forma gráfica como en tabla descargable en formato Excel.

En términos generales, esta metodología parte de la correlación existente entre los rendimientos de los activos para reducir el coeficiente de riesgo, es decir, pondera

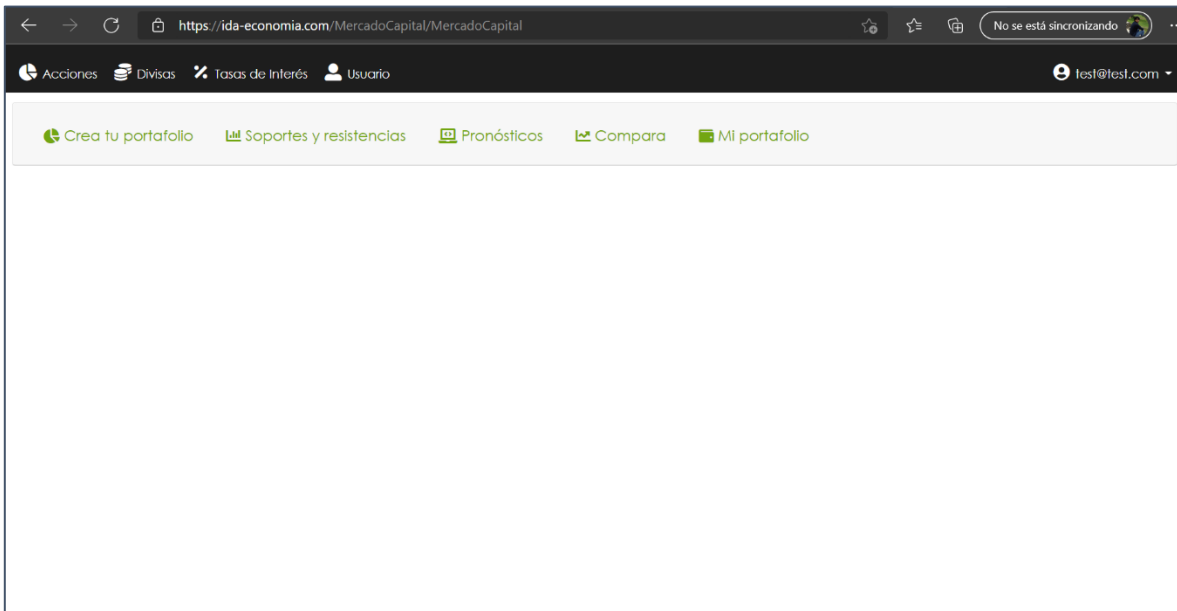
los rendimientos cada activo considerando su factor de riesgo (medido por la varianza del periodo) y le asigna un porcentaje dentro del portafolio para maximizar el rendimiento al mínimo riesgo posible. A partir de ese punto, tanto el riesgo como el rendimiento comienzan a crecer. Hasta ahora, es posible obtener combinaciones de acciones que reduzcan el riesgo diversificable combinando los activos y asignándoles porcentajes variables. Sin embargo, el objetivo del estudio es obtener un factor de riesgo más apegado a la realidad económica.

Imagen 3-1). El código está diseñado para obtener cifras históricas de las empresas listadas en la Bolsa Mexicana de Valores a partir de los registros de Yahoo Finanzas, donde el año inicial para las emisoras con mayor antigüedad es a partir de 2000. El código obtiene las estadísticas de las emisoras seleccionadas, calcula una serie de rendimiento sobre el precio de cierre diario de las acciones y realiza los cálculos a través de algebra lineal descritos en Markowitz (1952) para la conformación del portafolio eficiente.

Una vez realizados los cálculos, el programa genera iteraciones hasta obtener los puntos que conforman la frontera eficiente y lo presenta tanto en forma gráfica como en tabla descargable en formato Excel.

En términos generales, esta metodología parte de la correlación existente entre los rendimientos de los activos para reducir el coeficiente de riesgo, es decir, pondera los rendimientos cada activo considerando su factor de riesgo (medido por la varianza del periodo) y le asigna un porcentaje dentro del portafolio para maximizar el rendimiento al mínimo riesgo posible. A partir de ese punto, tanto el riesgo como el rendimiento comienzan a crecer. Hasta ahora, es posible obtener combinaciones de acciones que reduzcan el riesgo diversificable combinando los activos y asignándoles porcentajes variables. Sin embargo, el objetivo del estudio es obtener un factor de riesgo más apegado a la realidad económica.

Imagen 3-1 Pantalla principal del sitio web



Fuente: Elaboración propia

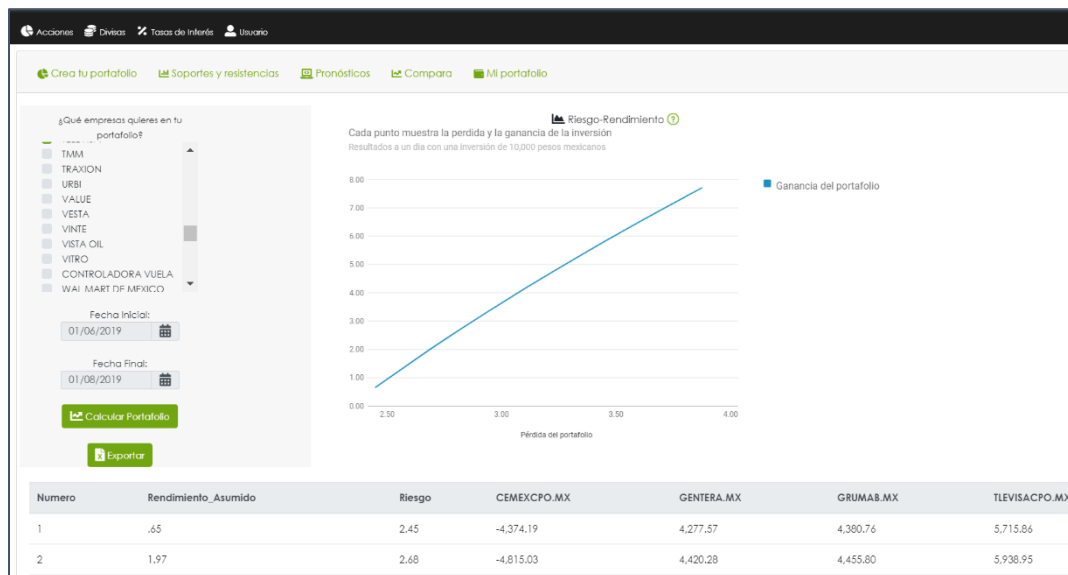
La aplicación permite al usuario seleccionar de la lista, los activos financieros que se incluirán en el portafolio sólo bastan con seleccionarlos, elegir la fecha a partir de la cual se realizará la petición a Yahoo dar click en el botón “Obtener Estadísticas”, la aplicación calcula en automático el rendimiento y el riesgo del portafolio de acuerdo con la metodología descrita por Markowitz (1952).

Una vez realizados los cálculos, el programa genera iteraciones hasta obtener los puntos que conforman la frontera eficiente y lo presenta tanto en forma gráfica como en tabla descargable en formato Excel.

En términos generales, esta metodología parte de la correlación existente entre los rendimientos de los activos para reducir el coeficiente de riesgo, es decir, pondera los rendimientos cada activo considerando su factor de riesgo (medido por la varianza del periodo) y le asigna un porcentaje dentro del portafolio para

maximizar el rendimiento al mínimo riesgo posible. A partir de ese punto, tanto el riesgo como el rendimiento comienzan a crecer. Hasta ahora, es posible obtener combinaciones de acciones que reduzcan el riesgo diversificable combinando los activos y asignándoles porcentajes variables. Sin embargo, el objetivo del estudio es obtener un factor de riesgo más apegado a la realidad económica.

Imagen 3-2 Cálculo del portafolio de inversión a través de la herramienta web.



Fuente: Elaboración propia

Se ha establecido anteriormente que los choques provocados por las variables macroeconómicas alteran el mercado de dividas, mercado de dinero y en general el mercado accionario. Para conocer los resultados reales se realizarán experimentos utilizando esta metodología.

3.6 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Es importante recalcar que los resultados obtenidos se obtuvieron con la información disponible hasta el mes de agosto del 2019 y con las metodologías propuestas. También, se hace énfasis en que se podrían obtener resultados diferentes considerando un periodo histórico diferente tanto para los activos financieros como para las variables macroeconómicas.

3.7 SELECCIÓN DE LAS ACCIONES.

Los resultados de las pruebas de cointegración y de ciclos económicos permitieron observar cuáles de las series de acciones son una buena alternativa de inversión y cuáles no. La simulación que se realizará a continuación será ejecutada en el mes de agosto de 2019.

Continuando con el análisis de los mismos activos tenemos las siguientes conclusiones:

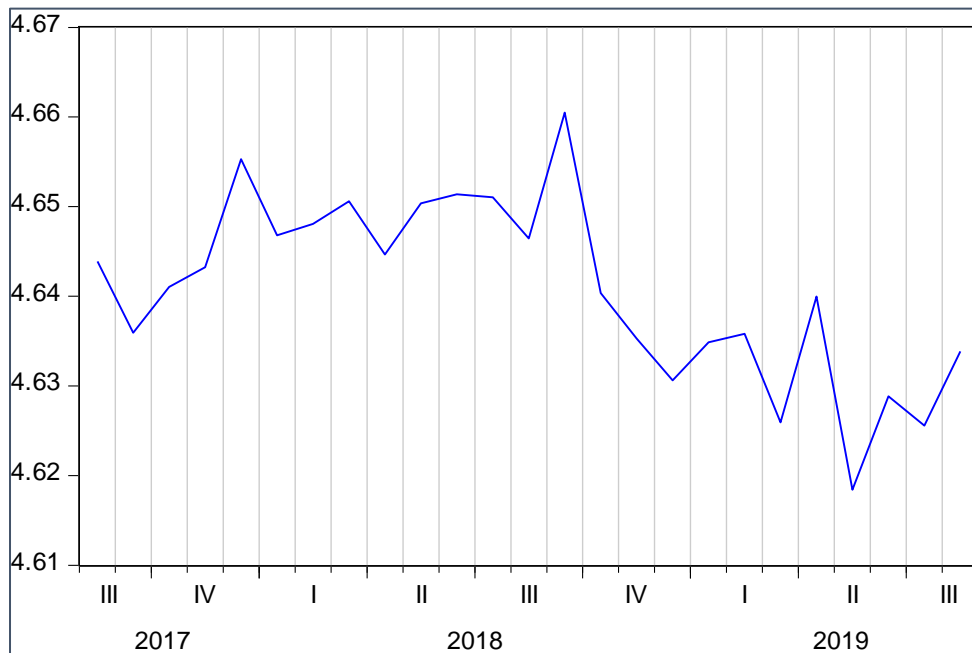
- **ALSEA.MX:** Sólo presenta una relación de cointegración con quiebre estructural con la Producción Industrial; sin embargo, al revisar el ciclo entre estos dos se observa que, aunque tienen una relación de correlación moderada, esta no es útil para prever el movimiento futuro del precio de la acción. Por lo tanto, no se puede proporcionar una recomendación para esta serie accionaria, con la información analizada.
- **KIMBERA.MX:** Presenta relaciones en el largo plazo con quiebre estructural con el IGAE, los agregados monetarios M1 y M2 y la Producción Industrial. Sólo una de esas relaciones es útil para la recomendación de inversión: el agregado monetario M1. Mantiene un movimiento contracíclico débil, pero sigue a la serie con 6 meses de anticipación.
- **POSADASA.MX:** Presenta relaciones de cointegración con cuatro variables macroeconómicas: los agregados monetarios M1 y M2, la Producción Industrial y el IGAE. La relación con ambos agregados es contracíclica mientras que con la Producción Industrial es procíclica. La serie sigue a los agregados M1 y M2 por 12 y 5 meses, respectivamente; al mismo tiempo, sigue a la producción industrial por 3 meses.

En todos los casos la relación es débil por lo que es indiferente el uso de cualquiera de los tres; sin embargo, se utilizará el coeficiente de correlación más alto, que en este caso corresponde a la producción industrial.

- **AMXL.MX:** No presenta ninguna relación de cointegración por lo que, de acuerdo con la metodología, no es posible ofrecer ninguna recomendación de inversión. Puede o no incluirse en el portafolio, pero se desconoce su efecto.
- **VITROA.MX:** Presenta relaciones de cointegración con cambio estructural con todas las variables macroeconómicas. De las cuales, sólo sigue a dos de ellas: el agregado monetario M1 y el tipo de cambio MXNUSD con la primera la relación es débil mientras que con la segunda es moderada. Se opta, entonces, por utilizar el tipo de cambio con quien mantiene una relación contracíclica y sigue a la serie con 11 meses de anticipación.

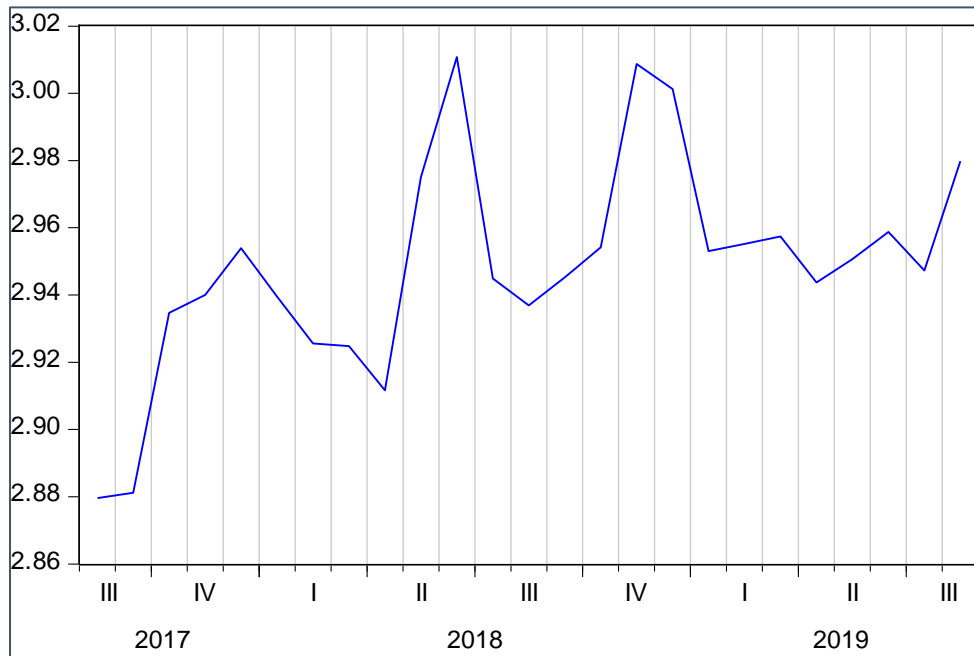
Una vez que tenemos las conclusiones anteriores debemos entonces verificar el comportamiento histórico de las variables macroeconómicas. Las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 muestran las series de tiempo correspondientes.

Figura 3-5 Producción Industrial (logaritmos)



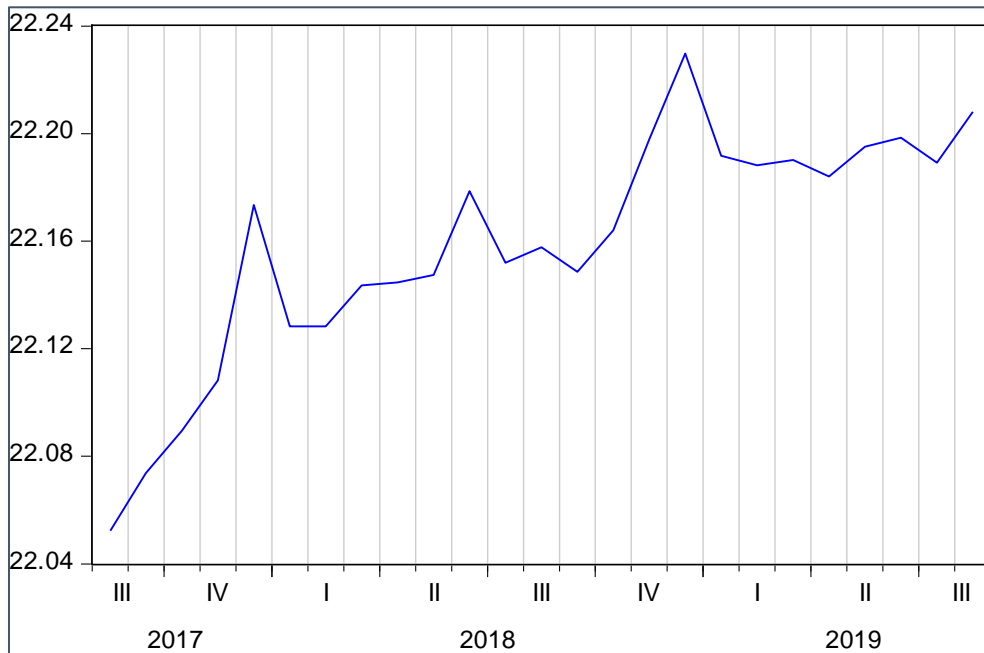
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-6 Tipo de cambio MXN/USD (logaritmos)



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-7 Agregado monetario M1 (logaritmos)



Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIONES DE INVERSIÓN:

- **ALSEA.MX:** No se puede ofrecer una recomendación de inversión sobre este activo financiero con la información disponible.
- **KIMBERA.MX:** Para la recomendación de inversión debemos observar el comportamiento del agregado monetario M1 seis meses antes. Si la recomendación se emite en el mes de agosto de 2019 entonces debemos revisar que sucedió en el mes de febrero de 2019. Presentó una caída en este mes, dado que la relación es contracíclica podríamos esperar que el precio de las acciones de KIMBERA.MX suba en el mes de agosto. Se recomienda invertir en esta acción.
- **POSADASA.MX:** Para la recomendación de inversión debemos observar el comportamiento de la producción industrial de 3 meses antes. Si la recomendación se emite en el mes de agosto de 2019 entonces debemos revisar que sucedió en el mes de mayo de 2019. Presentó una caída en este mes, dado que la relación es protracíclica podríamos esperar que el precio de las acciones de POSADASA.MX caiga en el mes de agosto. Por lo tanto, no se recomienda invertir en esta acción.
- **AMXL.MX:** No se puede ofrecer una recomendación de inversión sobre este activo financiero, con la información disponible.
- **VITROA.MX:** Para la recomendación de inversión debemos observar el comportamiento del tipo de cambio MXN/USD de 11 meses antes. Si la recomendación se emite en el mes de agosto de 2019 entonces debemos revisar que sucedió en el mes de septiembre de 2018. Presentó un incremento en este mes, dado que la relación es contracíclica podríamos esperar que el precio de las acciones de VITROA.MX caiga en el mes de agosto. Por lo tanto, no se recomienda invertir en esta acción.

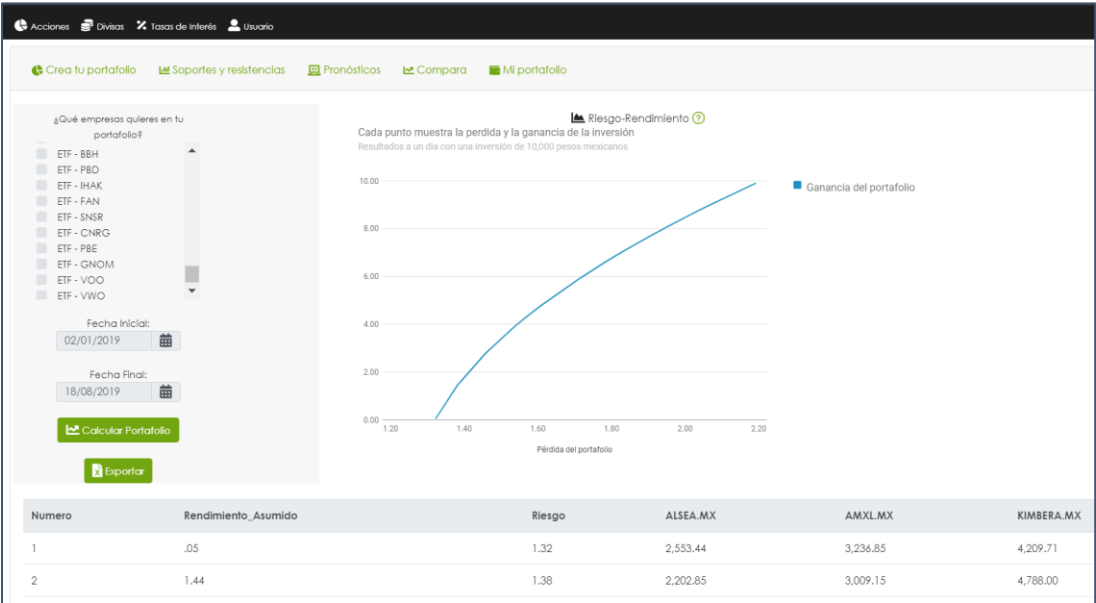
Como se puede observar, después del análisis únicamente tenemos recomendación de inversión sobre una acción para este mes: KIMBERA.MX. Para el cálculo del rendimiento del portafolio se utilizarán tres activos financieros: el

activo elegido con la metodología y los dos activos de los cuales no se pudo obtener una recomendación de inversión. Se comparará este rendimiento contra el de un portafolio que incluya los activos financieros que la metodología recomienda no utilizar, esto para comprobar si la metodología permite reducir el riesgo del portafolio.

3.8 SIMULACION DE INVERSIÓN

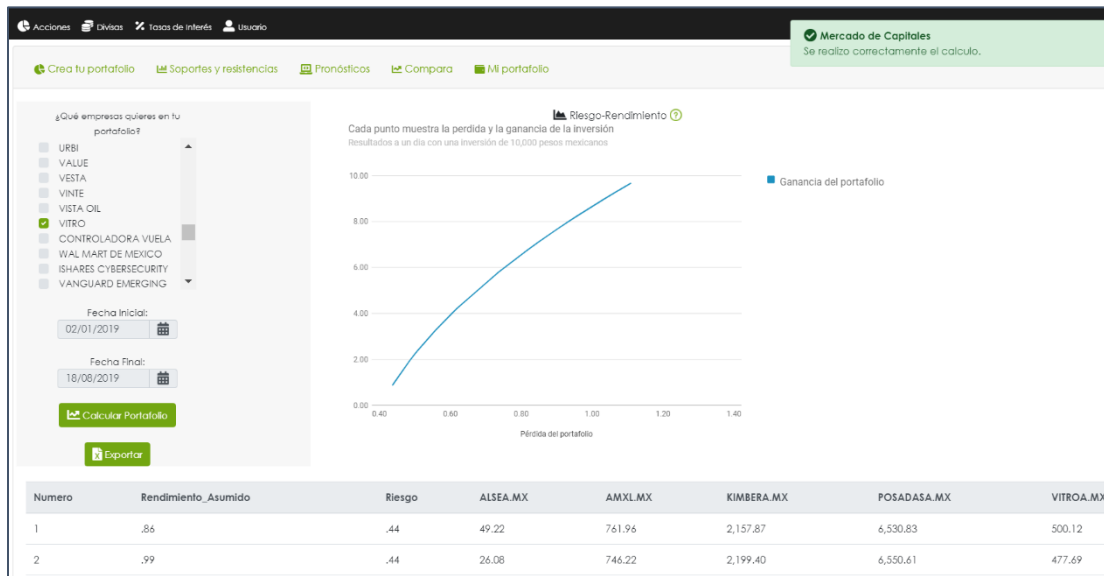
Se utiliza el aplicativo para calcular las ponderaciones que se deberían de invertir en cada activo financiero con el objetivo de reducir el riesgo y maximizar el rendimiento del portafolio. En la Imagen 3-3 y la Imagen 3-4 se puede observar la salida del cálculo del portafolio.

Imagen 3-3 Cálculo del portafolio de inversión con metodología.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3-4 Cálculo del portafolio de inversión sin metodología



Fuente: Elaboración propia

Una vez que tenemos los porcentajes de inversión para cada activo financiero se procede a realizar la inversión en el simulador de bolsa de Kuspit. En esta plataforma es posible realizar operaciones utilizando dinero ficticio y es ampliamente utilizada para aprender a operar con valores.

Como se determinó a través de la herramienta, los porcentajes de inversión son como sigue:

Portafolio con metodología

- ALSEA.MX: 25%
- AMXL.MX: 32%
- KIMBERA.MX: 43%


Portafolio sin metodología

- ALSEA.MX: 1%
- AMXL.MX: 6%
- KIMBERA.MX: 8%

- VITROA.MX: 64%
- POSADASA.MX: 21%

Una vez que se cuentan con los porcentajes que conforman el portafolio se procede a realizar las operaciones de compra dentro de la aplicación. Es importante mencionar que, al momento de realizar la compra, el sistema arroja el precio de cada acción agregando una comisión de 3%, más el IVA de la comisión. Es decir que en el momento en que se compra la acción, para obtener ganancias sobre ella, es necesario esperar a que el precio supere el precio de compra más el precio de la operación. En las tablas 3.12 y 3.13, se presentan los rendimientos obtenidos con ambos portafolios.


Tabla 3-12 Rendimientos con el portafolio con metodología.

												
Portafolio Real										Hoy 19 de agosto de 2019		
Posición Total										Detalle por título		
Emisora	Tendencia	Mis títulos	Último Precio	Costo	Posición Total	Ganancia/Pérdida por realizar	Cambio de ayer		Ganancia/Pérdida por realizar			
							\$	%	Costo	\$	%	
ALSEA *	Alza	3,263	\$ 42.78	\$ 124,995.61	\$ 139,591.14	\$ 14,595.53	1.33	3.35 %	38.31	4.47	11.68 %	
AMX L	Alza	12,471	\$ 14.66	\$ 159,993.64	\$ 182,824.86	\$ 22,831.22	-0.12	-0.92 %	12.83	1.83	14.27 %	
KIMBER A	Alza	5,731	\$ 40.58	\$ 214,988.47	\$ 232,563.98	\$ 17,575.51	0.67	1.77 %	37.51	3.07	8.18 %	
Efectivo (Incluye fondo Barrido)					\$ 563,792.63							
Total				\$ 499,977.72	\$ 1,118,772.61	\$ 55,002.26						

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el rendimiento del portafolio es superior si se utiliza la metodología presentada anteriormente. Las ponderaciones que arrojó el cálculo cuando se incluyeron a POSADASA.MX y VITROA.MX debieron estar motivadas por el elevado rendimiento que tuvieron en periodos históricos. Sin embargo, actualmente presentan una tendencia negativa en el precio de sus acciones.

Tabla 3-13 Rendimientos con el portafolio con metodología.

											
Portafolio Real						Hoy 19 de agosto de 2019					
Posición Total						Detalle por título					
Emisora	Tendencia	Mis	Último	Costo	Posición Total	Ganancia/Pérdida por realizar	Cambio de ayer		Ganancia/Pérdida por realizar		
		títulos	Precio				\$	%	Costo	\$	%
ALSEA *	Alza	130	\$ 42.78	\$ 4,979.90	\$ 5,561.40	\$ 581.50	1.33	3.35 %	38.31	4.47	11.68 %
AMX L	Alza	2,338	\$ 14.66	\$ 29,994.80	\$ 34,275.08	\$ 4,280.28	-0.12	-0.92 %	12.83	1.83	14.27 %
KIMBER A	Alza	1,066	\$ 40.58	\$ 39,989.13	\$ 43,258.28	\$ 3,269.15	0.67	1.77 %	37.51	3.07	8.18 %
POSADAS A	Baja	2,679	\$ 39.00	\$ 104,965.79	\$ 104,481.00	-\$ 484.79	0.00	0.00 %	39.18	-0.18	-0.46 %
VITRO A	Baja	7,373	\$ 42.54	\$ 319,991.49	\$ 313,647.42	-\$ 6,344.07	-0.86	-2.02 %	43.40	-0.86	-1.98 %
Efectivo (Incluye fondo Barrido)					\$ 617,549.43						
Total				\$ 499,921.11	\$ 1,118,772.61	\$ 1,302.07					

Fuente: Elaboración propia

El segundo portafolio refleja la ganancia que habría tenido un inversionista atendiendo únicamente a los rendimientos de la serie y calculando un portafolio eficiente en el sentido de Markowitz. Mientras que el primer portafolio refleja la ganancia que tendría un inversionista si atiende, además del rendimiento histórico, el movimiento de la economía en general. Como se mencionó al inicio de la investigación, es fundamental incorporar una metodología que permita vincular a los movimientos del mercado accionario la dinámica económica en la que se encuentra inmerso.

De este modo, se cumple la hipótesis debido a que se logra, a través de la metodología, reducir el riesgo no diversificable, aquel que está dado por los movimientos de las variables macroeconómicas.

4. CONCLUSIONES.

Como se ha expuesto anteriormente, realizar inversiones en activos financieros presentan un riesgo que viene dado por la varianza del precio del activo y un rendimiento, que viene dado por la media del precio del activo. Existen metodologías que permiten minimizar el riesgo una vez que se incluyen varios activos en un portafolio de inversión. En términos generales, lo que hacen estas

metodologías es asignar un monto de inversión superior a aquellos activos que presenten un mayor rendimiento a un menor riesgo. De esta forma, se obtiene un portafolio que maximiza la ganancia obtenida a cada nivel de riesgo dado.

Como se expuso al inicio de la investigación, desde nuestro punto de vista esta metodología está incompleta porque no considera los riesgos que vienen dados por los ciclos económicos de forma implícita. La última sección mostró el resultado de invertir en un portafolio que logre diversificar el riesgo dado por el movimiento del precio de los activos y el riesgo que no es posible diversificar con solo ponderar los activos.

Para dar respuesta a los objetivos del estudio tenemos que:

- Es posible conformar un portafolio de inversión a través de la sincronización de los ciclos económicos, se puede constatar con la selección de activos y los criterios utilizados para hacerlo.
- Se ha construido una aplicación web funcional y de fácil acceso para el público con pocos o nulos conocimientos en inversiones.
- Después de la comparación del rendimiento entre portafolios se ha comprobado que es posible reducir el efecto de externalidades provocadas por los ciclos económicos y esto funciona mejor de forma agregada que de forma individual.
- En efecto, para la construcción del portafolio se ha hecho uso de modelos de cointegración.

Por lo tanto, la herramienta desarrollada en la presente investigación es factible de utilizarse por el público inversionista para apoyar sus decisiones de inversión. Como se ha expuesto anteriormente, el objetivo del trabajo es fomentar la cultura de inversión en México. Por tal motivo, es necesario proveer de herramientas que ayuden a las personas que no tienen conocimiento del mercado accionario a hacerlo, sobre todo a las personas que no cuentan con grandes cantidades de dinero y que no pueden acceder a asesoría bursátil a través de una casa de bolsa.

Se busca que la presente aplicación ayude a resolver esta falta de asesoría al público que aún no se inicia en el mercado pero que desea hacerlo y que por falta de conocimiento se encuentra limitado.

Es importante establecer algunas consideraciones adicionales. En primer lugar, se invita a replicar el modelo con diferentes activos financieros, diferentes variables macroeconómicas para diferentes periodos de tiempo. No se debe considerar en ningún momento esta investigación como absoluta, es necesario realizar múltiples simulaciones de inversión antes de ello. También se abre la posibilidad de agregar nuevas técnicas econométricas que mejoren la especificación de los modelos tanto para las pruebas de raíz unitaria como nuevos modelos de cointegración y análisis de ciclos económicos. Por otro lado, esta investigación deja de lado el análisis fundamental que se utiliza en el análisis bursátil, de igual forma, se sugiere incorporarlo al presente estudio, sobre todo en la selección de los activos, previo a los cálculos econométricos. Se ha decidido dejar de lado debido al alcance de la investigación y la factibilidad del estudio, el análisis fundamental es un campo muy amplio, el cual seguramente puede aportar valor en la selección de activos; sin embargo, apartaríamos la atención de los cálculos econométricos que se han incorporado.

5 BIBLIOGRAFÍA

Abel, A. B. y Bernanke, B. S. (2004) *Macroeconomía*, Pearson Educación, Madrid.

Alcides, J. (s.f.) *Construcción de una frontera eficiente de activos financieros en México*.

Almendra-Ataro, Genaro, González-Estrada, Adrián y Mora-Flores José. (2008). Los ciclos económicos de México y sus regularidades empíricas. *Agrociencia*, Vol. 42, 3 abril-mayo, 299-311.

Arshad, S. (2016). The relationship between Islamic stock markets and business cycles: A regional perspective.

E. S. Shaw, "Burns and Mitchell on Business Cycles," *Journal of Political Economy* 55, no. 4 (Aug. 1947): 281-298.

Candela M., J. (1997). *Comportamiento del mercado de valores en los ciclos económicos 1984-1996 (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Chen, N., Roll, R., & Ross, S. (1986). Economic Forces and the Stock Market. *The Journal of Business*, 59(3), 383-403.

Del Real Santos, A. (2005). *Los ciclos económicos y los ciclos bursátiles (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Durán, J. (2010), El VaR econométrico como alternativa de estimación del Valor en Riesgo a través de variables fundamentales y de mercado (Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Finanzas), Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

Engle, R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987-1007. doi:10.2307/1912773.

Flannery, M. J. y Protopapadakis, A. A. (2002). Macroeconomic factors do influence aggregate stock returns. *The Review of Financial Studies*, 15(3), 751-782.

Gilchrist, S., & Zakrajšek, E. (2012). Credit Spreads and Business Cycle Fluctuations. *The American Economic Review*, 102(4), 1692-1720.

Granger, C. W. J., and A. Andersen (1978). An Introduction to Bilinear Time-Series Models. Gottingen: Vandenhoeck and Ruprecht.

Gregory, A. W. and Hansen, B. E. (1996), PRACTITIONERS CORNER: Tests for Cointegration in Models with Regime and Trend Shifts. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 58: 555-560.

Gujarati, D. y Porter, D. (2009) *Econometría*. Mc Graw Hill, México.

Gutiérrez, Elías, Mejía, Pablo y Cruz, Benjamín (2005). Ciclos económicos y sector externo en México. Evidencia de relaciones cambiantes en el tiempo. *Estudios Económicos de Desarrollo Internacional*, Vol. 5, 001, enero-junio, 63-90.

Hamilton, J., y Lin, G. (1996). Stock Market Volatility and the Business Cycle. *Journal of Applied Econometrics*, 11(5), 573-593.

Humpe, Andreas and Macmillan, Peter, *Can Macroeconomic Variables Explain Long Term Stock Market Movements? A Comparison of the US and Japan* (October 2007). CDMA Working Paper No. 07/20. Available at

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1026219> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1026219>

Kappler M., Sachs A., Keil J., Sachs A. (2013) Determinants of Business Cycle Synchronisation. In: Kappler M., Sachs A. (eds) Business Cycle Synchronisation and Economic Integration. ZEW Economic Studies, vol 45. Physica, Heidelberg.

Krugman, P. R. y Obstfeld, M. (2006) Economía Internacional. Pearson Educación, Madrid.

Lasa, A. J. (2006), Construcción de una “frontera eficiente” de activos financieros en México, Denarius, UAM, México.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. The Journal of Finance, 7(1), 77-91. doi:10.2307/2975974

Martínez S., M. (2017). *La participación del mercado accionario en los ciclos económicos en México de 1994-2014 (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Mukherjee, T. K. y Naka, A. (1995). Dynamic relations between macroeconomic variables and the Japanese stock market: An application of a vector error correction model. *The Journal of Financial Research*, XVIII(2), 223-237.

Muñoz, J. y Recabal C. A. (2007). La política monetaria y su impacto sobre los retornos reales del mercado bursátil chileno. *Horizontes Empresariales*, 6 (2), 9-29.

Niño R., O. (2012). *Impacto de la política monetaria en el mercado accionario colombiano 2001-2011. (Trabajo de grado)*. Universidad de la Salle, Bogotá.

Notimex (2018, enero 22). Sólo 35 de cada 10,000 mexicanos invierten en Bolsa. Recuperado 31 de Noviembre 2018 de <https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Solo-35-de-cada-10000-mexicanos-invierten-en-Bolsa-20180122-0084.html>

Nolan C., Thoenissen C. (2009). Financial shocks and the US business cycle. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 56, 596-604.

Pinilla V., C. A. (2014). *El papel del mercado bursátil en el ciclo económico colombiano (Trabajo final para obtener el título de Magister en Finanzas)*. Colegio de Estudios Superiores en Administración, Bogotá.

Poon, S. and Taylor, S. J. (1991). Macroeconomic factors and the UK stock market. *Journal of Business Finance & Accounting*, 18: 619-636.

Quiroga D., J. F. (2013). *Crecimiento económico en Colombia y su relación con el mercado de capitales (Tesis para obtener el grado de Economista con énfasis en finanzas internacionales)*. Universidad de la Sabana, Cundinamarca.

Rodríguez Benavides, Domingo, Lima Santiago, Vicente, & Ortiz, Edgar. (2015). ¿Sincronizaron México y Estados Unidos sus ciclos económicos con el TLCAN? *Contaduría y administración*, 60(Supl. 1), 195-229.

Titman, S. (2013). Financial Markets and Investment Externalities. *The Journal of Finance*, 68(4), 1307-1329.

Walker, E. (1998). Mercado accionario y crecimiento económico en Chile. *Cuadernos De Economía*, 35(104), 49-72.