

00667
5
2g



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE CONTADURIA Y
ADMINISTRACION**

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**RENDIMIENTO Y RIESGO EN LA BOLSA
MEXICANA DE VALORES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN FINANZAS

P R E S E N T A

FRANCISCO LOPEZ HERRERA

DIRECTOR DE LA TESIS:

M. I. RUBEN TELLEZ SANCHEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1977

273259



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A:

mi esposa,

mi hija,

mi padre,

mi cuñado Braulio,

el director de esta tesis,

el Maestro Jorge Ríos Szalay.

**mis compañeros de la
División de Investigación,**

mis maestros y condiscípulos,

quienes nutren mi pensamiento...

RESUMEN

Se ofrece una prueba empírica de la factibilidad de la Teoría de Valuación por Arbitraje, formulada por Stephen A. Ross, postulando como factores causales del riesgo accionario la inflación esperada, la inflación no esperada, el rendimiento del mercado de valores así como los cambios en: el costo del dinero, la cotización oficial del dólar estadounidense y la producción industrial. Mediante el análisis econométrico se estudian las observaciones mensuales relacionándolas con una muestra de acciones que cotizaron en la Bolsa Mexicana de Valores de enero de 1994 a diciembre de 1998. Según nuestras conclusiones, los factores propuestos pueden contribuir a explicar la variabilidad de los rendimientos, particularmente cuando se analizan en los portafolios igualmente ponderados y de mínima varianza global conformados por las acciones de la muestra. Cabe destacar que en el análisis individual de las acciones el modelo de Ross tiene un desempeño relativo mejor que el célebre y ampliamente utilizado *Capital Assets Pricing Model*.

ÍNDICE

Página

I INTRODUCCIÓN	1
II FUNDAMENTOS DE LA VALUACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS	6
2.1 La inversión en condiciones de riesgo y la función de utilidad del inversionista	6
2.2 Principales elementos del riesgo	8
2.3 Análisis técnico y análisis fundamental	12
2.4 Hipótesis de la eficiencia del mercado	14
2.5 Teoría moderna del portafolios de inversión	18
III TEORÍA DE LA VALUACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS	24
3.1 El <i>Capital Assets Pricing Model</i> (CAPM)	24
3.2 Principales resultados de la investigación empírica del CAPM	28
3.3 Teoría de Valuación por Arbitraje (APT)	30
3.4 Principales resultados de la investigación empírica de la APT	34
IV ANÁLISIS ECONÓMTRICO DE ACCIONES INDIVIDUALES	39
4.1 Características de la muestra y de los datos empleados	40
4.1.1 La muestra	40
4.1.2 Los datos	41
4.2 Análisis del CAPM	41
4.2.1 Especificación de los modelos de prueba	42
4.2.1.1 Prueba de dos fases	43
4.2.1.2 Especificación del modelo de mercado	44
4.2.2 Estimaciones	45
4.2.2.1 Prueba de dos fases	45
4.2.2.2 Modelo de mercado	47
4.3 Análisis de la APT	52
4.3.1 Especificación del modelo de prueba	53
4.3.2 Estimaciones	55
V ANÁLISIS ECONÓMTRICO DE PORTAFOLIOS	60
5.1 Elementos teóricos de la optimización de portafolios	60
5.2 Portafolios de la muestra	67
5.2.1 Portafolios de ponderación igual	67
5.2.2 Portafolios de mínima varianza global	69
5.3 Análisis incluyendo fondos de Banamex-Accival	72
5.3.1 Características de los fondos de Banamex-Accival	72
5.3.2 Portafolios de ponderación igual	74
5.3.3 Portafolios de mínima varianza global	79
VI CONCLUSIONES	80
APÉNDICE	85
BIBLIOGRAFÍA	100

I INTRODUCCIÓN

En las economías de mercado contemporáneas los mercados financieros juegan un papel de gran importancia, toda vez que constituyen un mecanismo fundamental en la canalización del ahorro hacia la inversión, destacando por la misma razón los mercados de valores. Estos últimos, por medio de diversos instrumentos, son una fuente de financiamiento de gran importancia para la estructura de capital de las empresas e, incluso, proporcionan medios a través de los cuales el gobierno puede obtener parte de los fondos requeridos para sufragar sus gastos, además de ofrecerle mecanismos para instrumentar medidas de política económica, particularmente en las políticas monetaria y crediticia.

Naturalmente que quienes deciden poner sus ahorros a disposición de los canales de intermediación deben contar con motivos que los impulsen a ello, siendo por todos bien sabido que el principal de ellos es el incremento de la riqueza que se da como consecuencia de la obtención de rendimientos sobre la riqueza invertida. Al respecto la ciencia económica ofrece una explicación más o menos congruente sobre éste y otros motivos que tienen los inversionistas, así como para explicar el funcionamiento de los mercados financieros y de los mecanismos que sigue el proceso de formación de precios que determinará en última instancia los rendimientos, que como recompensa por su inversión, recibirán los oferentes y demandantes.

En el terreno de la teoría financiera que se ha desarrollado como consecuencia de la creciente importancia de dichos mercados, destacan los avances realizados en la teoría del portafolios de inversión, en la que se presentan dos grandes vertientes que buscan ofrecer una explicación del proceso mediante el cual se fijan los precios de los activos financieros comerciados en los mercados de valores organizados. Estas vertientes tienen en común que consideran el riesgo sistemático como el elemento fundamental para valorar los activos financieros, pero difieren en cuanto a los medios para determinar cuál es el nivel de riesgo de un activo en particular y, por lo tanto, cuál es la base mediante la cual los participantes del mercado acordarán su precio.

La primera de las vertientes enunciadas toma vida en el esquema teórico desarrollado a mediados de los años sesenta por William F. Sharpe, John Lintner, Jack L. Treynor y Jan Mossin, resumido a su vez en los que se ha difundido ampliamente como el Modelo de Fijación de Precios de Activos Financieros (CAPM, por las siglas en inglés de *Capital Assets Pricing Model*), mismo que ha encontrado un campo de aplicación práctica incluso en el área de las finanzas corporativas mediante la extensión de las bases que dan pie para su aplicación en el área de las finanzas bursátiles. De acuerdo con el CAPM el riesgo importante es el que se deriva de la actividad del mercado conocido como riesgo sistemático,¹ esto es, el grado de riesgo que se debe considerar

¹ Se define como riesgo sistemático para diferenciarlo del conocido como no sistemático. Éste último se considera atribuible a condiciones particulares de la empresa emisora, siendo susceptible de disminuirse mediante la diversificación de la inversión, a diferencia del riesgo sistemático que por ser común a todas las empresas no se puede eliminar mediante dicha diversificación.

para la valuación de un activo financiero está determinado por la sensibilidad que éste tiene a los movimientos del mercado.

Por su parte, la otra gran vertiente ha surgido como consecuencia de las limitaciones que enfrenta la teoría propuesta por Sharpe y otros, ofreciendo una nueva explicación sobre el riesgo de la inversión en activos financieros. El principal exponente de esta corriente es Stephen A. Ross, cuya aportación se resume en lo que él mismo denomina la Teoría de Fijación de Precios mediante Arbitraje (APT, de *Arbitrage Pricing Theory*) que vió la luz pública por primera vez en 1976. De manera por demás sintética, se puede decir que el planteamiento formulado por Ross establece que el riesgo de un activo financiero se deriva de la acción de diversos factores económicos que, siendo comunes para el conjunto de la economía, afectarán a todas las empresas. Es decir, a diferencia de Sharpe y sus adherentes, Ross propone que no es únicamente el riesgo del mercado el determinante del riesgo sistemático de un activo financiero sino que deben considerarse otras variables de carácter macroeconómico.

Ambas posiciones cuentan con seguidores teóricos y prácticos que han dado lugar a una abundante literatura, producto de la gran cantidad de investigaciones teóricas y empíricas que han llevado a cabo y que también se ha alimentado en buena parte por la controversia teórica que se ha suscitado en virtud de las posiciones divergentes que asumen dichas posiciones teóricas. No obstante la profusa investigación que se ha llevado a cabo, hasta la fecha no ha sido posible determinar con certeza plena si una o ambas teorías son totalmente válidas, es decir, complementarias o, por lo contrario, debe descartarse alguna o las dos. Esta controversia teórica puede considerarse por sí misma como un justificante suficiente para emprender un trabajo de investigación empírica, como el realizado en este trabajo; sin embargo es conveniente señalar aquí que no es el único.

Es también importante considerar que nuestro mercado posee características propias que lo hacen diferente de otros. Entre esas características no pueden soslayarse las de profundidad y amplitud relativamente pequeñas, toda vez que el número y tipos de activos que se negocian en él son reducidas. De hecho, en el caso mexicano se puede hablar de un mercado joven, por lo tanto inmaduro, pues no obstante que sus antecedentes se remontan a la negociación de acciones de empresas mineras que ocurría a mediados del siglo pasado, su proceso de institucionalización arranca en realidad a partir de 1976, año en que se unen las bolsas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey para dar origen a nuestra actual Bolsa Mexicana de Valores, única empresa autorizada a la fecha para fungir como mercado de valores.

De lo anterior desprendemos otra justificación para este estudio, puesto que se considera insoslayable la necesidad de conocer más sobre nuestro mercado accionario, así como del desarrollo de herramientas analíticas adecuadas que sean de utilidad para sus participantes, como son los inversionistas individuales e institucionales, intermediarios, analistas y asesores, así como los organismos de regulación y apoyo cuya influencia es importante para la buena marcha de dicho mercado.

Por lo hasta aquí expuesto, además del interés estrictamente académico, íntimamente relacionado con el debate teórico manifiesto, motiva la realización de esta investigación la búsqueda de bases sobre las cuales asentar la formulación de un planteamiento teórico congruente con las características particulares del mercado mexicano de valores y dentro del contexto específico en que lo sitúa el funcionamiento de nuestra economía.

Por lo anterior, el objetivo central de esta investigación es la exploración de la capacidad de interpretación que nos ofrecen ambas teorías para el comportamiento del mercado accionario mexicano y, con ello, sentar una base para investigaciones subsecuentes.

La hipótesis de investigación correspondiente a dicho objetivo es que la capacidad explicativa del CAPM, considerándose a priori que sí la tiene, sobre el proceso de generación de los rendimientos de las acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores no es suficiente por sí misma para dar cuenta y razón plena de dicho proceso; por lo que, un modelo que incluya información adicional mediante la consideración de más variables mejorará la explicación sobre el proceso en cuestión. De hecho, en el cuerpo del trabajo se postula la existencia de ciertas variables macroeconómicas relevantes que proporcionan esa información adicional necesaria para una mejor explicación del proceso de interés. Específicamente dichas variables son la inflación esperada, la inflación no esperada, el cambio en el costo del dinero, el tipo de cambio oficial peso-dólar y el nivel de la actividad industrial.

La prueba de la hipótesis de trabajo se lleva a cabo mediante la metodología sugerida por el análisis econométrico para efectos de análisis estructural y/o evaluación de políticas y/o previsión. Cabe aquí mencionar que el interés de esta investigación radica en el análisis estructural del proceso de generación de los rendimientos de acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores. Los pasos indispensables a seguir en el análisis mediante técnicas econométricas son la especificación, estimación y evaluación del modelo de prueba.

La especificación consiste en formular en términos matemáticos (algebraicos) el (los) modelo(s) que de acuerdo con la(s) teoría(s) explica(n) o determina(n) el proceso o fenómeno bajo estudio. En nuestro caso, debido a que las teorías bajo estudio presuponen una relación funcional de carácter lineal entre la variable a explicar (rendimientos de los activos) y las variables explicativas (rendimiento del mercado de valores en el CAPM y factores económicos diversos, según la APT), la estructura del proceso de generación de rendimientos de los activos que se estudian se describe mediante una ecuación lineal (con una sola variable explicativa para el CAPM y con variables adicionales para el caso de la APT).

La estimación de los parámetros de interés dentro de los modelos descritos en el párrafo anterior se llevó a cabo mediante el análisis de regresión clásico utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). La decisión de optar por ese método de estimación obedeció a que suponemos que se cumplen los supuestos en que se basa dicho método y, por lo tanto, los parámetros estimados (sensibilidades de los rendimientos a los factores supuestamente explicativos) mediante dicho método

cumplen los requisitos de mejores estimadores lineales insesgados (MELI). Otra bondad adicional de dicho método es que en un modelo uniecuacional y lineal, sea simple o múltiple, los estimadores de los coeficientes paramétricos son exactamente los mismos que se obtienen mediante el método de estimación por máxima verosimilitud, mismo que resulta un poco más complicado.

En cuanto a evaluación se refiere, se realizaron y se presentan los resultados de las pruebas estadísticas aplicables al método de estimación que se siguió. Dichas pruebas proporcionan la base para la inferencia a partir de los resultados de las estimaciones. Es de mencionarse que en casos particulares, cuando así lo hicieron necesario los resultados estadísticos, hubo que realizar las correcciones necesarias a los modelos de prueba para obtener la estimación buscada.

En el segundo capítulo del reporte de esta investigación se presentan las principales formulaciones teóricas que sustentan la teoría de la valuación de activos financieros, culminando con una descripción general de la esencia de la propuesta de Markowitz, simiente de la teoría moderna del portafolios de inversión. El tercer capítulo se dedica a la presentación de los elementos teóricos de las propuestas de Sharpe y Ross, incluyendo un breve recuento de los principales resultados de algunas de las investigaciones que se han realizado para someterlas a la prueba empírica.

El capítulo cuarto se ocupa de reportar los resultados de los modelos basados en la aplicación de ambas teorías a acciones de empresas mexicanas que cotizan en el listado principal de la Bolsa Mexicana de Valores. Por lo que toca al CAPM se evalúa la posibilidad de probarlo empíricamente mediante una de las pruebas clásicas, consistente en un análisis de regresión en dos fases, aplicada a los rendimientos en el nivel de los activos estudiados y se presenta también el análisis de regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) a los rendimientos en exceso de dichas acciones (o modelo del mercado). También, siguiendo la lógica de la APT, se describen los resultados que se obtuvieron del estudio de la influencia de cinco variables aparte del rendimiento del mercado de valores (única variable relevante según la propuesta de Ross). Las variables consideradas para efectos de análisis son la inflación esperada, la inflación no esperada, el cambio en el costo del dinero, la depreciación (apreciación) peso respecto del dólar oficial y el comportamiento de la actividad industrial medido por el cambio en el índice de producción; todas estas mediciones efectuadas con frecuencia mensual.

Por su parte, el quinto capítulo extiende esta investigación al campo de la inversión de portafolios pues se presentan los resultados del análisis aplicado a los rendimientos conjuntos de las acciones de la muestra, tanto igualmente ponderadas como en el portafolios óptimo de mínima varianza. También se incluye el análisis al portafolios resultante de agregar al anterior cuatro fondos de Banamex-Accival, mismos que a su vez son portafolios de activos financieros por definición. Este análisis también se aplica al nuevo portafolios con componentes igualmente ponderados, es decir, asignando a cada uno de ellos la misma proporción dentro del portafolios, así como al portafolios óptimo de mínima varianza. Los rendimientos de los portafolios óptimos en ambos casos fueron calculados mediante el procedimiento de optimización sugerido por Harry

Markowitz y que garantiza la obtención del portafolios de varianza mínima global. La decisión de estudiar los portafolios correspondientes de varianza mínima global obedece a que, por definición, entre los portafolios óptimos, un portafolios cuya varianza sea la menor de todas las posibles exhibirá menor riesgo no sistemático, permitiendo por lo tanto una mejor aproximación al riesgo sistemático.

En las conclusiones, capítulo final, se resumen las principales implicaciones que tienen los resultados, tanto desde el punto de vista teórico y, consecuentemente, académico, así como para el terreno práctico del análisis bursátil, la asesoría y la administración en materia de inversión en acciones.

II FUNDAMENTOS DE LA VALUACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS

La decisión de llevar a cabo una inversión en activos financieros con riesgo como son en general los de capital y en particular las acciones, implica que quien la lleva a cabo tenga que sacrificar por lo menos parcialmente su nivel de consumo con la esperanza de lograr un consumo incrementado en el futuro. Sin embargo, precisamente las condiciones de riesgo de ese tipo de inversión se ha convertido en uno de los principales problemas a resolver para tomar dicha decisión. En este capítulo se describen los antecedentes que sustentan el desarrollo de las teorías modernas sobre la valuación (fijación de precios) de títulos accionarios.

2.1 La inversión en condiciones de riesgo y la función de utilidad del inversionista

La inversión en condiciones de riesgo puede verse como un ahorro y, como tal, lo que pretende el inversionista es posponer parte de su consumo actual por un mayor nivel de consumo futuro. Naturalmente que también existe lo que se ha dado en llamar inversión especulativa o simplemente especulación, misma que se entiende como aquella inversión realizada con el objetivo de obtener grandes ganancias en un corto periodo de tiempo. Independientemente de si una de estas clases de inversión es buena o mala, para comprender como operan es necesario ahondar un poco en los móviles que impulsan a invertir sea el fin el ahorro o la especulación.

De acuerdo con los principios de la teoría microeconómica neoclásica y los desarrollos teóricos que se han derivado posteriormente de esa importante escuela del pensamiento económico, la explicación generalizada de los móviles de la inversión bajo condiciones de riesgo se debe a la utilidad que espera alcanzar el inversionista. Siendo el concepto de utilidad el pilar fundamental de la explicación que el enfoque económico citado da sobre el valor de los bienes económicos, de acuerdo con sus postulados resulta obvio suponer que el inversionista valora una inversión en condiciones de riesgo según sea la utilidad que espera obtener de la misma. Es decir, el inversionista asume el riesgo en función de la utilidad esperada (o rentabilidad esperada) como resultado de su inversión.

El trabajo relacionado con el problema de la medición de la función de utilidad ha recorrido ya un largo camino desde que fuese planteada por los teóricos militantes de la corriente neoclásica denominada precisamente de la utilidad marginal (ésta es la razón por la cual a los economistas que se adhieren a dicho enfoque, originalmente casi todos ingleses, también se les conoce como marginalistas). A pesar de la dificultad que tiene medir la función de utilidad, pues ésta es eminentemente de carácter subjetivo y no es medible *ex ante* sino solamente observables mediante la conducta seguida después de que el ente económico valora la situación y toma su decisión, el concepto de utilidad marginal es ampliamente aceptado para explicar la conducta bajo el supuesto de racionalidad económica.

Del análisis teórico de la función de utilidad se concluye como explicación general que, tal como se ha mencionado, la utilidad esperada orienta la conducta del inversionista pero que la conducta particular ante el riesgo depende de su actitud hacia éste. Por tanto, se sigue que es posible clasificar al inversionista según sea su actitud hacia el riesgo. Las actitudes que de acuerdo con los teóricos de la función de utilidad son de neutralidad, afición y aversión al riesgo.

La neutralidad implica que en condiciones de riesgo el inversionista acepta una rentabilidad directamente proporcional al ascenso o descenso del nivel de riesgo estimado, es decir, su función de utilidad esperada es constante. La conducta de una persona con afición al riesgo se explicaría como la aceptación de menores tasas de rendimiento esperado conforme a partir de un nivel dado se observan incrementos en el nivel de riesgo de la inversión, o sea, la función de utilidad sería creciente pues el inversionista derivaría mayor satisfacción en cada unidad adicionales de riesgo. Por último, la conducta de un inversionista adverso al riesgo implica que éste exija tasas crecientes de rendimiento por unidades adicionales al riesgo siendo su función de utilidad decreciente o de menor satisfacción conforme crece el grado de riesgo.

Esta clasificación de la conducta racional que se supone derivada de la función de utilidad individual complica aún más el problema de la formalización matemática de un modelo útil para la medición de tal función pues explícitamente propone la existencia de funciones de utilidad no lineales. Partiendo de la práctica generalizada de medir el rendimiento esperado y el grado de riesgo mediante los dos primeros momentos centrales de la distribución muestral de los rendimientos históricos, media y varianza respectivamente, el célebre economista y Premio Nóbel Paul Samuelson estudió la posibilidad de incluir en el análisis los momentos centrales superiores como el sesgo y la kurtosis basándose en el hecho de que los momentos pares representan la probabilidad de valores extremos mientras que los impares miden la asimetría de la distribución. Las principales conclusiones a que llegó Samuelson son que los momentos superiores a la varianza son de poca importancia para el inversionista y que son de igual importancia la media y a la varianza.²

Por otra parte, John Von Neumann y Oskar Morgenstern en su famoso tratado sobre teoría de los juegos y la conducta económica demostraron que bajo ciertas condiciones es posible garantizar la existencia de una función realmente evaluada. Las condiciones son que dado un conjunto de estados de la naturaleza y la probabilidad de asociar probabilidades de ocurrencia a dichos estados: comparabilidad entre dos elementos del conjunto de estados de la naturaleza, que si uno de ellos es preferible que el otro y éste a su vez que un tercero el primero será preferible también que ese tercer elemento, el juego en sí no es atractivo, el orden en que se presenten las diferentes alternativas no es importante, existen reglas para desgregar los juegos compuestos de tal forma que puede desarrollarse el cálculo de probabilidades como si se tratase de juegos simples y,

²Samuelson Paul A.: "The fundamental approximation theorem of portfolio analysis in terms of means, variances, and higher moments", *Review of Economic Studies*, 37, 1970. Citado en Bodie Zvi, Kane Alex y Marcus Alan J.: *Investments*, 3ª ed, Irwin, Chicago 1996, p. 160-161

por último, cuando dos elementos del conjunto mencionado son igualmente preferibles entonces puede haber sustitución entre ellos.³

Como puede apreciarse hasta aquí, la consideración del riesgo es de suma importancia en la decisión de inversión, por tal motivo se dedica la siguiente sección a consideraciones sobre el mismo.

2.2 Principales elementos del riesgo

De acuerdo con la teoría de la racionalidad del inversionista, éste adquiere títulos financieros (sean de capital o de deuda) de emisores privados con el fin de aumentar la utilidad esperada de su riqueza, es decir, está posponiendo el consumo factible actual que le permitiría su nivel de riqueza presente a cambio de la esperanza de un incremento en su consumo futuro gracias al pago de intereses o de dividendos por parte de la entidad que emite los activos financieros. Se entiende que una inversión de esta naturaleza está sujeta a condiciones de riesgo pues, como es sabido, el inversionista no cuenta con certeza plena de alcanzar el incremento esperado en su patrimonio y, por ende, tampoco en su consumo futuro.

Existen diversos factores que originan la incertidumbre de los resultados de una inversión en instrumentos financieros y, bajo el supuesto de la racionalidad antes descrito, el inversionista debe considerarlos al decidir su inversión. Sin que se pretenda hacer un listado exhaustivo, entre los principales factores se pueden citar a los riesgos provenientes de: pérdida de oportunidad (o riesgo de tasa de interés), la pérdida del poder adquisitivo a que se enfrenta el valor de la inversión, el riesgo de mercado (tanto de las condiciones en que se desenvuelve el mercado de valores como aquel en que la empresa emisora del título financiero vende sus productos), de la administración de la emisora, liquidez de los títulos, el incumplimiento al vencimiento y la convertibilidad.

Las tasas de interés del mercado son fluctuantes pues dependen a su vez de diversos factores, principalmente económicos, e inciden en el resultado final de una inversión en instrumentos financieros pues cuando se comprometen recursos en ella muy probablemente no se podrá contar con ellos para aprovechar otras oportunidades de inversión con tasas de interés más altos. Es decir, estará restringida la oportunidad de que el inversionista maximice su riqueza y consumo finales.

Además, se tiene que los resultados finales de la inversión también se enfrentan a la posibilidad la pérdida del poder adquisitivo del inversionista cuando al transcurso del tiempo recibe los rendimientos que espera de ella. Se sabe que la inflación actúa de manera negativa sobre los activos monetarios reduciendo su valor real, esto es, origina una reducción en el poder de compra.

Por otra parte, las condiciones prevalecientes en los mercados en que la empresa emisora de los títulos vende sus productos también puede afectar el resultado final de la

³ Rivett Patrick: *Construcción de modelos para análisis de decisiones*, Limusa, México, 1983, p. 125-129

inversión debido a que la posibilidad de que la empresa pague los intereses o dividendos ofrecidos al inversionista por adquirir sus títulos de deuda o capital dependen de la capacidad que aquella tenga de generar flujos de efectivo y estos a su vez dependen del desempeño de la empresa en sus mercados.

En el caso de los instrumentos financieros que se negocian en mercados de valores también debe tenerse presente que las condiciones en que ellos operan pueden afectar también los flujos esperados del inversionista. Particularmente es de destacarse que en dichos mercados la expectativas sobre el desempeño futuro de las empresas emisoras, así como el de la economía general y el de otras variables del entorno económico y social, incluyendo aspectos políticos tanto nacionales como internacionales, afectan favorable o desfavorablemente a la confianza en los instrumentos que se negocian públicamente, originando aumentos o disminuciones en sus cotizaciones.

La solidez, experiencia y, en general, la capacidad de la administración de una empresa afecta directamente la percepción del público en cuanto a su desempeño esperado y, como consecuencia, a las expectativas sobre los rendimientos para los tenedores de sus acciones e instrumentos de deuda. Naturalmente que dichas expectativas también influyen en los precios de sus acciones y títulos de deuda en circulación, por lo que un tenedor (inversionista) podría ver afectado el rendimiento esperado de su inversión.

Otro factor importante a considerar en los mercados de valores es la liquidez de los instrumentos. Por liquidez se entiende la posibilidad de convertirlos fácilmente en efectivo sin menoscabo de su valor, por tanto, un activo con baja liquidez es aquel que no es susceptible de cambiarse rápidamente por efectivo y/o que para hacerlo se requiere soportar una pérdida como, por ejemplo, tener que conceder una rebaja o descuento. La baja liquidez afecta a un inversionista que desea transferir la propiedad de un título de deuda antes de su vencimiento o, bien, a un tenedor de acciones que desea disponer de efectivo.

También debe considerarse la probabilidad de que la empresa emisora no cumpla su promesa de pago de manera satisfactoria. Por ejemplo, en el caso de una emisión de bonos, los tenedores se encuentran ante la posibilidad de que la deudora no pague parcial o totalmente los intereses y/o el principal o, incluso de pagarlo totalmente, pudiera hacerlo en fecha posterior a lo acordado (a este riesgo se le conoce como riesgo de *default*). Algo semejante puede decirse de los tenedores de acciones preferentes, quienes pudieran no recibir a tiempo el dividendo preferente a que tienen derecho. Por último, no deben perderse de vista las condiciones de convertibilidad entre monedas de diferentes países, así como la relación de convertibilidad o tipo de cambio, pues sus efectos pueden ser negativos sobre la tenencia de activos financieros.

De lo antes expuesto, se desprende de manera directa que el rendimiento de una inversión en acciones puede estar sujeto a riesgo debido a las condiciones de incertidumbre sobre los flujos de efectivo esperados que puede derivarse de los factores antes enunciados o, por lo menos, de alguno(s) de ellos. Para efectos del análisis de las inversiones en condiciones de riesgo (como el caso de las acciones y

otros activos financieros) existe actualmente el acuerdo de clasificarlo de manera general en dos grandes categorías: no sistemático y sistemático.

El riesgo no sistemático se debe a factores que afectan de manera única a la empresa emisora o a un conjunto muy pequeño de emisoras, como pueden ser las pertenecientes a una industria, razón por la cual se le conoce también como riesgo único. Una de las formas prácticas de enfrentarse al riesgo no sistemático es la diversificación ya que de contar con un portafolios bien diversificado este tipo de riesgo tiende a eliminarse. Por lo anterior, a este riesgo único no sistemático también suele llamársele riesgo diversificable. Por su parte, el riesgo sistemático se refiere al riesgo común para todas las empresas, como, por ejemplo, el que resulta de las condiciones económicas que inciden en la marcha del conjunto de empresas; razón por la cual a este tipo de riesgo también se le denomina riesgo de mercado. Debido a que este riesgo no es susceptible de eliminarse mediante la diversificación de la posición en valores, se le conoce también como riesgo no diversificable..

Por lo anterior, en la decisión de inversión en acciones debe concederse especial importancia al riesgo sistemático puesto que, al no ser susceptible de reducirse mediante la diversificación, su existencia implica que el administrador de un portafolios o el inversionista mismo tengan que optar por asumir un nivel de riesgo determinado a cambio del rendimiento esperado.

En la medida en que el comportamiento de los factores causales del riesgo es imprevisible, la incertidumbre es mayor, por lo que, para orientar la toma de decisiones de inversión, es deseable contar con un medio que permita estimar de manera eficiente, y con el mayor nivel de confianza posible, el rendimiento que puede esperarse así como el nivel de riesgo a que se encuentra expuesta la inversión en función de la interacción con los factores que pueden incidir en él. Sin embargo, antes de poder diseñar algún mecanismo para estimar el posible rendimiento a obtener, es más deseable, quizá incluso necesario, conocer cuáles son los factores causales del riesgo de una inversión específica para poder enfrentarlo en mejores condiciones. Entre los principales factores causales del riesgo ya mencionado se cuentan los derivados de: cambios de las tasas de interés, pérdida en el poder adquisitivo y la baja liquidez del título en cuestión.

Por una parte los cambios en las tasas de interés del mercado se reflejan en los precios de las acciones pues de acuerdo con los niveles de tasas de interés prevalecientes en un momento dado será la tasa con que se descontarán los flujos de efectivo que se esperan de la tenencia de una acción. Esta idea es recogida por el modelo de dividendos descontados (DDM, *Discounted Dividend Model*) en sus diferentes versiones, mediante el cual se estima el valor intrínseco de una acción.

Partiendo del hecho de que los flujos esperados de la posesión de una acción durante un periodo están determinados por dos componentes, los dividendos por derechos patrimoniales y las posibles ganancias de capital, de acuerdo con la formulación más simple del modelo de dividendos descontados el rendimiento se obtiene como:

$$k = \frac{D + P_1 - P_0}{P_0}$$

- k = Tasa de rendimiento
 D = Dividendos
 P_0 = Precio inicial
 P_1 = Precio final
 $P_1 - P_0$ es la ganancia de capital

De esta fórmula se sigue que ante un horizonte de un periodo de tenencia el precio inicial de una acción está determinada por

$$P_0 = \frac{D}{1+k} + \frac{P_1}{1+k}$$

que al extenderse a n periodos queda como:

$$P_0 = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+k)^i} + \frac{P_n}{(1+k)^n}$$

de la que resulta evidente que al crecer n a infinito se vuelve prácticamente despreciable el precio final quedando entonces la sumatoria de dividendos como el dato importante, haciendo que incluso se pueda estimar el precio actual de la acción como una anualidad.

La idea más importante a destacar de este modelo simple es que las tasas vigentes en el mercado serán determinantes en el valor que tenga la acción para el inversionista y a su vez, dicho valor determina el precio del instrumento. En el caso de los modelos de dividendos descontados que suponen el crecimiento del flujo de dividendos, sea constante o con diferentes tasas por periodo, se puede extraer una conclusión semejante: el precio o valor presente de una acción estará determinada principalmente por la tasa a que se efectúe el descuento.

Como también se ha dicho, los cambios en las tasas de interés afectan también la posibilidad de que el inversionista obtenga provecho de tales cambios. Es decir, si después de efectuar una inversión en una acción hubiera una fuerte alza las tasas de instrumentos libres de riesgo o de menor riesgo, el inversionista habrá perdido la oportunidad de obtener ese rendimiento (más deseable quizá por el simple hecho de ser sin o con menor riesgo) o, de ser posible cambiar su tipo de inversión, tendrá que enfrentar los gastos inherentes a las operaciones resultantes (comisiones e impuestos) reduciendo el beneficio. En relación con la pérdida de poder adquisitivo inducida por la inflación, es obvio que mientras más alta sea ésta el valor real del flujo de efectivo será menor pues el nivel de consumo esperado será también menor.

Por último, en relación con el grado de liquidez del instrumento es importante destacar que éste puede no ser susceptible de convertirse fácilmente en efectivo en el momento

en que el inversionista desee realizar los beneficios de su inversión. La importancia de este factor de riesgo lleva a que en los listados de las acciones que cotizan en las bolsas de valores se incluyan indicadores de la facilidad con que pueden negociarse dichos valores, siendo los más importantes de tales indicadores el volumen operado y el grado de bursatilidad.

Como consecuencia de la preocupación por lograr mayores rendimientos de la inversión en acciones se ha desarrollado y difundido un conjunto de conceptos, técnicas y modelos cuya aplicación busca auxiliar a los inversionistas y administradores de inversiones en la toma de decisiones sobre la inversión que han de efectuar. Antes de abordar los principios de la teoría del mercado de valores y de la teoría moderna del portafolios de inversión, se hará una breve revisión de los enfoques de análisis técnico y fundamental ampliamente utilizados por los analistas de valores.

2.3 Análisis técnico y análisis fundamental

Las dos principales corrientes de análisis bursátiles son el análisis técnico y el conocido como fundamental. El análisis técnico supone como premisa que la mejor información sobre la evolución futura del mercado y de los instrumentos que ahí se negocian es proporcionada por el mercado mismo razón por la cual es suficiente estudiar los hechos del mercado pues supone que:

- El mercado ofrece la suficiente información para poder predecir sus tendencias.
- Los precios se mueven siguiendo unas determinadas tendencias, movimientos o pautas.
- Lo que ocurrió en el pasado ocurrirá en el futuro.⁴

Como consecuencia de lo anterior, los analistas técnicos se concentran en la evolución de precios y en los volúmenes de operación con el objetivo de tomar decisiones que los lleven a realizar la mejor compra y/o venta, de forma tal que logren el máximo rendimiento posible de su inversión anticipándose a los movimientos del mercado.

Una de las teorías clásicas del análisis técnico es la Teoría de Dow, denominada así en honor a Charles H. Dow cuyo trabajo fue recopilado y publicado después de su muerte en 1902. Los supuestos básicos de esta teoría son que los cambios en los índices de precios bursátiles incorporan el juicio de todos los inversionistas y que el mercado tiene tres evoluciones a las cuales hay que dar seguimiento: la primaria que va de uno a varios años, la secundaria o intermedia que ocurre entre uno y cuatro meses⁵ y, por último, la terciaria que se prolonga por unas horas o como máximo durante algunas sesiones. La tendencia primaria es un reflejo de una evolución alcista o bajista, siendo la intermedia corrección de la tendencia de largo plazo y, a su vez, la terciaria es una corrección de la intermedia. Además, según Dow, se puede predecir la evolución de los precios de las acciones con base en la relación entre el precio y el volumen y las

⁴ Amat i Salas Oriol y Puig i Pla Xavier: *Análisis técnico bursátil*, 3ª ed., Ediciones Gestión 2000, Barcelona, 1992, p. 5

⁵ Algunos analistas técnicos sugieren seis meses en lugar de cuatro

llamadas líneas de soporte y de resistencia así como las figuras que se pueden observar mediante el análisis gráfico de los precios.

Otra de las teorías famosas en el análisis técnico es la que se conoce como Principio de las Ondas de Elliot, presentada en 1939 por R. N. Elliot y que se basa en la utilización de las llamadas series de M. Fibonacci. De acuerdo con Elliot las fases del mercado tienen un comportamiento cíclico identificable y específico, según sean alcistas o bajistas, siguiendo siempre la tendencia principal y debiéndose los altibajos observables durante la duración de ésta únicamente a movimientos de corrección.

Actualmente se puede hablar de dos grandes corrientes de análisis técnico: el *chartista* y el que se basa en ciertos indicadores estadísticos. Aunque se afirma que es factible utilizar ambos tipos de análisis en la práctica, los que se adhieren al primero utilizan intensivamente el análisis de gráficos (*charts* en inglés y por ello su denominación) que describen la evolución diaria de precios y volúmenes de operación, mientras que los segundos construyen indicadores de comportamiento mediante la utilización de los mismos datos.

No obstante la enorme difusión que han tenido en el medio bursátil los supuestos y las herramientas en que se basa el análisis técnico, es interesante hacer notar que en el ámbito académico estadounidense es hasta hace un par de décadas que se le ha prestado alguna atención. También es importante destacar que los principales estudios empíricos realizados en mercados bursátiles estadounidense han determinado que no es posible "ganarle al mercado" como en esencia propone este tipo de análisis.

Por su parte, el análisis fundamental tiene sus raíces en el trabajo escrito de Graham, Dodd y Cottle, titulado *Security analysis*, y se basa en el estudio de los hechos financieros y económicos que afectan directamente al emisor de una acción para estimar la utilidad por acción y el múltiplo precio utilidad esperados.⁶

Los hechos financieros implican el análisis del desempeño y tendencias financieras de la empresa así como del ventas, niveles de utilidad, posición competitiva de la empresa, aspectos de su administración y cualquier otro factor interno que pudiera afectar el valor de las acciones de la empresa. Por su parte, se analizan también los hechos económicos que pudieran afectar a la empresa como el ciclo económico y otros hechos que pudiesen afectar a la economía general, al sector en que se desenvuelve la empresa y, finalmente, directa e indirectamente a esta última.

Aunque los defensores del análisis técnico consideran que no es necesario efectuar un análisis de tipo fundamental para estimar el precio que puede alcanzar una acción pues, como se mencionó, consideran que toda la información que se requiere para tomar una decisión acertada, sea de compra o de venta, se encuentra reflejada en el precio actual, en la práctica es común que se combinen ambos tipos de análisis. Pero es también digno de mención que en la práctica es común utilizar tanto el análisis técnico como el

⁶ Francis Jack Clark: *Management of investments*, 3ª ed., McGraw Hill, Nueva York, 1993, p. 337

fundamental, aunque naturalmente es posible encontrar analistas que se inclinan decididamente por alguno de ellos.

2.4 Hipótesis de la eficiencia del mercado

Una de las piedras angulares en que se sustentan actualmente los planteamientos de la teoría del mercado de valores es la llamada Hipótesis de la Eficiencia del Mercado (HEM),⁷ misma que fue propuesta a mediados de los años sesenta por Eugene F. Fama,⁷ mediante la cual planteó un fuerte cuestionamiento tanto a los seguidores del análisis técnico como del fundamental. Según la HEM un mercado es eficiente cuando los precios de las acciones comerciadas reflejan plenamente y de forma instantánea la información importante para los inversionistas, eliminándose entonces la posibilidad de que existan rendimientos anormales, ya que todos los inversionistas disponen de o tienen acceso a la misma información. Para Fama:

La eficiencia del mercado requiere que en el establecimiento de los precios en cualquier tiempo $t-1$, el mercado use correctamente toda la información disponible.⁸

Por su parte, Jensen acota:

Un mercado es eficiente con respecto a un conjunto de información dado si es imposible obtener ganancias mediante transacciones basadas en ese conjunto de información. Por ganancias económicas se debe entender los rendimientos ajustados por el riesgo netos de todos los costos.⁹

Entonces, de acuerdo con Fama y Jensen, puede concluirse que en un mercado eficiente no es posible asegurar rendimientos excesivos pues los precios reflejan toda la información que los inversionistas tienen respecto del mercado y que la utilizan para, de acuerdo con una conducta racional, maximizar sus ganancias.

A partir de la controversia y de los trabajos de investigación que se han acumulado en torno al tema, actualmente se acepta que la eficiencia del mercado puede presentar tres modalidades distinguibles: forma débil, forma semifuerte y forma fuerte.

La forma de eficiencia débil sustenta que los precios actuales de los valores reflejan plenamente toda la información relacionada con la secuencia histórica de precios. Esto significa que un inversionista no puede mejorar su capacidad para seleccionar acciones basándose en el conocimiento del historial de precios, así como tampoco puede mejorar su habilidad de análisis sean cuales fueren los métodos aplicados a dicha secuencia.

⁷Eugene F. Fama: "The Behavior of Stock Market Prices," *Journal of Business* 38, (enero de 1965), pp. 34-105

⁸Eugene F. Fama, "Reply," *Journal of Finance* 31, (marzo de 1976), pp. 143-144

⁹Michael C. Jensen, "Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency," *Journal of Financial Economics* 6, (junio-septiembre, 1978), pp. 95-101

La forma de eficiencia semifuerte sostiene que los precios actuales de las acciones reflejan totalmente toda la información públicamente disponible sobre las empresas emisoras y que no puede esperarse que los esfuerzos para adquirir y analizar dicha información (por ejemplo a través de los informes anuales, anuncios de cambios en los dividendos o sobre *splits* de las acciones), garanticen tasas de rendimiento superiores a las normales.

Por su parte, la forma de eficiencia fuerte sostiene como tesis que incluso ni quienes poseen información privilegiada pueden beneficiarse de ella al utilizarla en inversiones para asegurarse un rendimiento superior, pues cuando pretendan utilizarla en su beneficio el mercado habrá descontado ya los principales hechos.

No obstante la dificultad existente para probar sus afirmaciones, mayor en el caso de las formas semifuerte y fuerte, existen diversas implicaciones interesantes que se desprenden de la HEM. Particularmente vale la pena mencionar que de existir eficiencia en un mercado accionario resultan¹ inútiles los esfuerzos realizados para detectar oportunidades de alcanzar rendimientos superiores a las que pudieran considerarse normales, toda vez que la información ha sido descontada por el mercado y se ha incorporado al precio. Es decir, podría decirse que el precio de mercado es el *justo* y que, por tanto, el rendimiento que se puede obtener es también el justo de acuerdo con el nivel de riesgo de la inversión.

Además, incluso en el caso de que se detecte una supuesta oportunidad de obtener un rendimiento excesivo (superior al normal), en el mercado se encuentran muchos otros analistas haciendo esfuerzos semejantes para anticiparse a los hechos del mercado. Así, antes de poder aprovecharse del descubrimiento, debido al juego de oferta y demanda con base en la nueva información que se va incorporando, los precios habrán alcanzado su nivel de equilibrio. Esto es, sólo se podrán obtener rendimientos normales que pueden esperarse dada la empresa, su trayectoria, desempeño actual y esperado, y cualesquiera otros factores sistemáticos o no sistemáticos que pudieran considerarse.

Como consecuencia de lo anterior, basándose en la HEM existen quienes descalifican los esfuerzos realizados por los analistas técnicos, ya que éstos buscan oportunidades de ganancias extraordinarias en la información sobre la historia de los precios y volúmenes de acciones operadas. Sin embargo, no obstante los supuestos implícitos en la HEM, la búsqueda, análisis y seguimiento de la nueva información constituye un mecanismo que dota de eficiencia al mercado, pues permite incorporarla a los precios, razón por la cual se sugiere que no se descarten.

Como parte fundamental de la discusión en torno a la HEM, el debate se centró inicialmente en determinar el grado de independencia entre los precios sucesivos de las acciones. De acuerdo con los primeros investigadores, se ha generalizado la idea de que la independencia implica que en la secuencia de los precios se observe una caminata aleatoria (*random walk*), y que el conocimiento de dicha secuencia no puede usarse para asegurar la obtención de tasas de rendimiento anormales.

Si se pudiera desarrollar un modelo de pronóstico exitoso con base en la serie de la evolución histórica de los precios, se podría ganar dinero anticipando los precios futuros e incluso obtener ganancias superiores a las ofrecidas normalmente por el mercado. Por ejemplo, se podría vender en corto una acción y obtener una ganancia segura si se estimará acertadamente un precio más bajo para la fecha en que la acción tuviera que ser entregada, dado que se podría adquirir a un precio menor en dicha fecha que la cantidad recibida al efectuar la venta en corto. Además del diferencial entre los precios de venta y compra, sería posible lograr un beneficio adicional si los fondos recibidos al momento de la venta se invirtieran en un instrumento de renta fija hasta el momento en que se deba adquirir la acción para cumplir la obligación de entrega. También se podría obtener ganancias mayores abriendo posiciones en instrumentos derivados cuyo subyacente fuese la acción.

Entre los principales estudios inicialmente realizados en Estados Unidos para probar la aleatoriedad de la secuencia histórica de los precios de las acciones destacan los trabajos de Moore,¹⁰ Fama,¹¹ Granger y Morgenstern,¹² Fama, Fisher, Jensen y Roll,¹³ Irwin Friend, Sharpe¹⁴ y Jensen.¹⁵

Como una conclusión general de las investigaciones mencionadas, y de otras que se han efectuado al respecto, existe un consenso en el sentido de que sí es posible probar empíricamente la forma de eficiencia débil, habiéndose incluso encontrado en el mercado accionario estadounidense evidencias de ella. Pero, resulta evidente que una conclusión semejante no puede generalizarse y pretender que la eficiencia sea un principio universal y, por tanto, que todos los mercados accionarios exhiban dicha característica.

De acuerdo con el uso correcto de la información disponible en el periodo t-1, según lo establece la definición de Fama presentada previamente, la serie de evolución de los precios se puede representar mediante el modelo más simple de caminata aleatoria

$$P_t = P_{t-1} + u_t$$

Donde:

P_t	=	Precio actual de la acción en t
P_{t-1}	=	Precio de la acción en t-1
u_t	=	Término de disturbancia estocástica

Entonces, si suponemos que $P_0 = 0$ en $t = 0$, entonces tendremos

¹⁰Arnold B. Moore, "Some Characteristics of Changes in Common Stock Prices," en Paul H. Cootner, *The Random Character of Stock Market Prices* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1964), pp. 139-161

¹¹Eugene F. Fama: "The Behavior of Stock Market Prices," pp. 34-105

¹²Clive W. J. Granger y Oskar Morgenstern, "Spectral Analysis of Nueva York Stock Market Prices," *Kyklos* 16, (enero, 1963), pp. 1-27

¹³Eugene F. Fama, L. Fisher, M. Jensen y R. Roll, "The Adjustment of Stock Prices to New Information," *International Economic Review* 10 (febrero, 1969), pp. 1-21

¹⁴William F. Sharpe, "Mutual Fund Performance," *Security Prices: A Supplement, Journal of Business* 39 (enero, 1966), pp. 119-38

¹⁵Michael C. Jensen, "The performance of Mutual Funds in the Period 1945-1964," *Journal of Finance* 23 (mayo, 1968), pp. 389-416

$$\begin{aligned}
 P_1 &= u_1 \\
 P_2 &= P_1 + u_2 = u_1 + u_2 \\
 P_3 &= P_2 + u_3 = u_1 + u_2 + u_3
 \end{aligned}$$

Por lo que, generalizando,

$$\begin{aligned}
 P_t &= \sum u_t \\
 E(P_t) &= E(\sum u_t) \\
 E(u_t) &= 0 \\
 \text{Var}(u_t) &= \sigma^2 \\
 E(u_{t-i} u_{t-j}) &= 0, \quad i \neq j
 \end{aligned}$$

Entonces, la HEM implica que el mercado tendrá un comportamiento según el cual el valor de la acción (P) en el tiempo t es igual a su valor en t-1 más un *shock* estrictamente aleatorio derivado de la nueva información que se agrega al mercado. Después de que se han recorrido n periodos, los cambios observados en P serán consecuencia de los *shocks* aleatorios. Como consecuencia, para elaborar pronósticos sobre el precio que puede alcanzar una acción en el mercado, el único valor que resulta relevante es su precio más reciente, puesto que como lo postula el modelo, el valor de P en el tiempo t está determinado por su valor en t-1 más un movimiento aleatorio, que se supone independiente.

Según Olmeda: "Por motivos técnicos resulta más apropiado analizar el comportamiento de los *rendimientos* mas que de los precios." ¹⁶ Lo anterior resulta en que para especificar el modelo de caminata aleatoria se sustituyen en la expresión que hemos presentado anteriormente el rendimiento actual y el rendimiento rezagado a un periodo. También señala que la hipótesis de la caminata aleatoria no puede sostenerse, aunque reconoce que existen opiniones divergentes al respecto, calificando como precipitadas a las conclusiones de estudios que pretenden, apoyándose incluso en técnicas de estimación econométrica más potente, haber probado la eficiencia de los mercados. ¹⁷

Si bien es de reconocerse el gran impacto que han tenido los medios informáticos y electrónicos de comunicación, particularmente en la implicación que tiene la diseminación de la información como condicionante de la eficiencia del mercado, no es posible afirmar que la información con que actualmente se cuenta en los mercados financieros, emergentes o maduros, haya alcanzado el nivel óptimo. En relación con este punto podemos citar el caso del análisis que he realizado en el cual no se pudo probar que exista la forma de eficiencia débil en el mercado mexicano de acciones para el periodo de 1987 a 1997. ¹⁸ Es interesante mencionar al respecto que incluso Joseph

¹⁶ Olmeda Ignacio, *Eficiencia en los mercados de valores: implicaciones para la predicción bursátil*, en *Avances Recientes en Predicción Bursátil*, Colección de Economía, Ediciones de la Universidad de Alcalá, Alcalá, 1996, p. 46

¹⁷ *Ibidem*, p. 47

¹⁸ López H., Francisco: 1999, "Análisis de la eficiencia del mercado accionario mexicano", *Contaduría y Administración*, N° 191, octubre-diciembre, 75-83

E. Stiglitz, vicepresidente *senior* y economista en jefe del Banco Mundial, reconoce que en los mercados financieros la información es imperfecta.¹⁹ Queda pues un largo trecho por recorrer aún para determinar si realmente los mercados financieros son eficientes en el sentido informativo. Quizá la investigación debiera orientarse a determinar las *condiciones operativas necesarias para que los mercados sean eficientes en términos de la HEM.*

2.5 Teoría moderna del portafolios de inversión

Harry Markowitz es reconocido como el padre de la teoría moderna del portafolios de inversión²⁰ gracias a su trabajo publicado en 1952.²¹ El fondo de la propuesta presentada en dicho trabajo es dar solución al problema de selección óptima de un portafolios de inversión. Dicho trabajo se constituyó en la simiente para ulteriores desarrollos, mismos que han llevado dicha teoría al estado en que se encuentra actualmente, razón por la cual su autor fue reconocido en 1990 con el Premio Nóbel de Economía. En relación con el problema de la selección de portafolios de inversión también destacan las aportaciones de James Tobin, quien incluso recibiera el Premio Nóbel de Economía en 1981, antes que Markowitz.

Anteriormente a la propuesta de Markowitz, los textos asumían, explícita o implícitamente, que para configurar un portafolios de inversión (dos o más activos o instrumentos financieros) se debían seleccionar los "mejores instrumentos" con base en criterios relacionados con su atracción relativa individual. Asimismo, existía la opinión generalizada de que la maximización del rendimiento esperado era un criterio apropiado para llevar a cabo la selección de los instrumentos de inversión. Sin embargo, Markowitz detectó una inconsistencia entre la meta de maximizar el rendimiento esperado y la práctica común de diversificación de los portafolios.²²

Los planteamientos fundamentales del modelo de Markowitz son los siguientes:²³

A) Las dos características importantes de un portafolio son el rendimiento esperado y el riesgo de la inversión.

¹⁹Stiglitz Joseph E.: "More Instruments and Broader Goals: Moving Toward the Post-Washington Consensus", *Wider Annual Lectures 2*, United Nations University/World Institute for Development Economics Research

²⁰ Es interesante destacar que en forma por demás modesta él mismo señala que a A. D. Roy también se le podría conceder dicho honor. Véase Markowitz Harry M.: 1999, "The early history of portfolio theory: 1900-1980", *Financial Analysts Journal*, Julio-agosto, 5-16

²¹Markowitz Harry: 1952, "Portfolio selection", *Journal of Finance*, 12, 77-91

²²Lorie James y Brealey Richard: *Modern Developments in Investment Management, A book of readings*, Dryden Press, Hinsdale, Illinois, 1978, p. 273

²³Lorie James H., Dodd Peter y Hamilton Kimpton Mary, *The Stock Market: Theories and Evidence*, 2ª ed., Dow Jones-Irwin, Illinois, 1985, p. 109. Cfr. Markowitz Harry M.: *Mean-variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets*, Basil Blackwell, Gran Bretaña, 1989, 42-70 y 301-345

- B) Un inversionista racional buscará tener un portafolios que le permita maximizar el rendimiento esperado dado un nivel de riesgo o minimizar el riesgo dado un nivel de rendimiento esperado. A este portafolio óptimo se le denomina eficiente.
- C) Es posible identificar, al menos teóricamente, los portafolios eficientes analizando el rendimiento esperado de cada uno de los valores integrantes, así como las desviaciones respecto de dicho rendimiento y la interrelación existente entre los rendimientos de los diversos valores que configuran el portafolios. Por este motivo se le ha dado en llamar a este proceso análisis de la media y de la varianza.
- D) Mediante un programa desarrollado en computadora se puede determinar las asignaciones óptimas de los fondos de inversión a los valores incluidos en el portafolios de tal forma que éste sea eficiente, en función del rendimiento y riesgo conjunto.

La base teórica en que se fundamenta la propuesta de Markowitz es acorde con los supuestos de la elección racional del consumidor propia del enfoque microeconómico neoclásico. En los supuestos de elección racional del inversionista se encuentran implícitos los supuestos de las preferencias de los inversionistas dadas: una función de utilidad $f(U)$, una dotación específica de riqueza W , así como un plan de consumo. Es decir, la suposición de que el inversionista toma decisiones racionales implica que al elegir entre diversas opciones preferirá aquella que maximice su función de utilidad $f(U)$, bajo las restricciones impuestas por el total de la riqueza de que dispone (restricción presupuestal) y el plan de consumo que elija tanto en el presente como para un periodo futuro.

Debido a que la decisión de invertir en instrumentos de riesgo lleva implícita la decisión de diferir un nivel seguro de consumo presente, a cambio de un consumo en el futuro pero cuyo nivel no conoce en el presente, su interés primordial es entonces maximizar el valor esperado de su función de utilidad $E[f(u)]$, que en términos de la posibilidad de inversión en portafolios alternativos implica la selección del portafolios que maximice la riqueza terminal. Así, de acuerdo con el axioma de Morgenstern-Neumann respecto a la preferencia entre dos activos x, y , el inversionista preferirá invertir en aquel que le proporcione mayor utilidad ($x \succ y$), es decir, en términos de la utilidad esperada de ambos activos, si $E[u(x)] > E[u(y)]$ preferirá a x pues éste le proporcionará una utilidad mayor que si opta por y .²⁴

Sin embargo, el criterio de maximización de la utilidad esperada no es suficiente para determinar si un portafolios es eficiente pues, como se ha mencionado, Markowitz postula que entre diferentes portafolios que ofrezcan el mismo rendimiento, un inversionista, dado que es racional, preferirá el que ofrezca el menor riesgo.²⁵

En términos formales se puede establecer el rendimiento esperado de un portafolios $E(R_p)$ como la sumatoria del rendimiento individual de cada uno de los activos

²⁴Esta condición es consistente con el supuesto de no saciedad.

²⁵Condición consistente con el supuesto de aversión al riesgo.

ponderado por la proporción que guardan en el portafolios (proporción de la asignación presupuestal), es decir:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n r_i w_i$$

donde:

r_i = rendimiento individual del activo i -ésimo
 w_i = asignación presupuestal al activo i -ésimo

s.a.:

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

Por tanto, el rendimiento de un portafolios es resultado de las asignaciones a los diferentes activos en que se puede invertir un presupuesto dado, ponderadas por los rendimientos de cada uno de ellos. Una idea básica que puede rescatarse de lo anterior es que el rendimiento de un portafolios puede modificarse simplemente haciendo variar las asignaciones presupuestales.

Por otra parte, debido a que Markowitz considera que el inversionista es adverso al riesgo, adquiere una importancia fundamental que el grado de riesgo a que se encuentra sujeta su inversión sea el menor posible. De esto se sigue que la racionalidad del inversionista implica que el portafolios óptimo es entonces aquel que debe cumplir una meta de rendimiento pero con un riesgo mínimo. En realidad el problema surge de que:

El portafolios con máximo rendimiento esperado no es necesariamente el que tiene mínima varianza. Hay una tasa a la que el inversionista puede obtener rendimiento esperado tomando varianza o reducir la varianza abandonando rendimiento esperado.²⁶

Ahora bien, utilizando la varianza como una medida del riesgo, para el caso de un portafolios, debido a que los rendimientos están altamente correlacionados y la varianza del portafolios no puede eliminarse totalmente mediante la diversificación, es necesario tomar en cuenta no sólo las varianzas individuales de los activos que lo forman, sino que adquiere una gran importancia el efecto recíproco de las varianzas entre dichos activos. Este efecto se recoge mediante la medición de la variación conjunta o covarianza. Por tal motivo, la varianza del portafolios se expresa como:

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

donde:

w_i = Asignación presupuestal al activo i -ésimo
 w_j = Asignación presupuestal al activo j -ésimo

²⁶Markowitz Harry, "Portfolio Selection", *Journal of Finance*, (Marzo, 1952), p.79

$\sigma_{ij} = \text{cov}_{ij} = \text{covarianza entre los activos } i, j$

De manera equivalente, considerando la correlación entre los activos que conforman el portafolios, la covarianza se puede expresar como:

$$\text{COV}_{ij} = \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j$$

ρ_{ij} = coeficiente de correlación entre los activos i-ésimo y el j-ésimo

σ_i = desviación estándar del activo i-ésimo

σ_j = desviación estándar del activo j-ésimo

Al igual que en el caso del rendimiento, el riesgo del portafolios, medido por su varianza, es una función de la asignación presupuestal a cada activo así como de las varianzas individuales y de las varianzas entre los activos (varianzas conjuntas o covarianzas). Un aspecto importante de lo anterior es que la diversificación puede contribuir a reducir el riesgo debido a los efectos de la variación conjunta, pudiendo eliminarse gracias a ella parte del riesgo (específicamente el no sistemático o diversificable) quedando como nivel de riesgo residual aquel que no es posible eliminar mediante la diversificación pues es común a todos los diversos valores negociados en el mercado (riesgo sistemático o no diversificable).

En términos de la correlación existente entre los diversos activos, de la propuesta de Markowitz se desprende que son preferibles los activos menos que perfectamente correlacionados. El beneficio de la reducción del riesgo será mayor mientras menos correlacionados se encuentren. El caso ideal sería una correlación perfectamente negativa (-1), sin embargo, en la práctica puede ser muy difícil si no imposible ya que las acciones generalmente tienden a moverse en una misma dirección aunque con diferentes intensidades.

En términos del rendimiento esperado (media) y el riesgo (varianza), en la decisión de inversión el problema del inversionista se puede formular como:

$$\max[E(R_p) = \sum_{i=1}^n r_i w_i]$$

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

o, alternativamente

$$\min \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{COV}_{ij}$$

$$E(R^*) = \sum_{i=1}^n r_i w_i$$

en ambos casos s.a.

Para resolver el problema Markowitz desarrolló un algoritmo que permite llevar a cabo la selección del portafolios, sin embargo, debido a lo complicado que resulta el manejar un portafolios con un gran número de activos (mientras más grande sea su número mayor es la dificultad) sólo es posible optimizar el portafolios aplicando dicho algoritmo mediante un programa de computadora.

No obstante la dificultad práctica para instrumentar el medio de análisis requerido para seleccionar activos que formen un portafolios óptimo, es indiscutible que Markowitz contribuyó de manera decisiva a la formación de la teoría moderna del portafolios de inversión pues sentó gran parte de las bases para los desarrollos que se han dado desde entonces tanto en el plano teórico como en el práctico.

III TEORÍA DE LA VALUACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS

Como una consecuencia directa del trabajo desarrollado por Hary M. Markowitz surge el planteamiento de William F. Sharpe y otros para simplificar la selección del portafolios óptimo de inversión, que deriva finalmente en el *Capital Assets Pricing Model*.

A pesar de la gran acogida que tuvo, tanto en el medio académico como en el campo práctico, no ha logrado constituirse en manera alguna como la teoría definitiva. De hecho, como consecuencia de sus debilidades no superadas, ha aparecido en escena un formidable rival, el modelo derivado de la Teoría de Valuación por Arbitraje.

A continuación se presenta una breve descripción de dichos modelos así como de los principales desarrollos y avances que los han convertido en los modelos de mayor generalidad.

3.1 El *Capital Assets Pricing Model* (CAPM)

Con el objetivo de simplificar el modelo derivado de la propuesta de Markowitz, se desarrolló uno de los modelos de valuación de activos de capital más conocidos a la fecha: el CAPM (por las siglas en inglés de *Capital Assets Pricing Model*). Este modelo, cuyo mayor crédito se atribuye al trabajo realizado por William F. Sharpe,²⁸ es también resultado del trabajo realizado de manera independiente por John Lintner, Jan Mossin y Jack L. Treynor.²⁹ Debido a que supone, entre otras cosas, que el inversionista es racional y posee un portafolios eficiente, el CAPM se ocupa del riesgo sistemático, mismo que se mide por la sensibilidad (coeficiente beta) de la acción o portafolios respecto de los movimientos del mercado.

El planteamiento original de este modelo se basa en los siguientes supuestos:

- I. Los inversionistas evalúan los portafolios observando los rendimientos esperados y las desviaciones estándar para un periodo.
- II. Los inversionistas nunca están satisfechos, así ante una elección entre dos portafolios idénticos en las otras características, escogerán el que tiene el mayor rendimiento esperado.
- III. Los Inversionistas son adversos al riesgo, por ello ante una elección entre dos portafolios iguales en todo lo demás, escogerán el que tiene menor desviación estándar.

²⁸ Sharpe William F.: "A simplified model for portfolio analysis", *Management Science*, IX, N° 2, enero de 1963, 277-293 y Sharpe William F.: "Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk", *Journal of Finance*, XIX, N° 3, septiembre de 1964, 425-442

²⁹ Lintner John: "The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets", *The Review of Economics and Statistics*, vol. XLVII, N° 1, febrero de 1965, 13-37; Mossin Jan: "Equilibrium in a capital asset market", *Econometrica*, vol. 34, N° 4, octubre de 1966, 768-783. Desafortunadamente debido a no ser miembro de la comunidad académica, el trabajo que desarrolló Treynor, en esa época analista de una importante correduría estadounidense de valores, fue poco difundido, no obstante, diversos autores dan referencia sobre su contribución; véase por ejemplo Bodie, Kane y Marcus, *op. cit.*

- IV. Los activos individuales son infinitamente divisibles, esto significa un inversionista puede comprar una fracción de una acción si así lo decide.
- V. Hay una tasa libre de riesgo a la que el inversionista puede prestar (invertir) o pedir prestado.
- VI. Los costos de los impuestos y de las transacciones son irrelevantes.
- VII. Todos los inversionistas tienen el mismo horizonte temporal de inversión (un periodo).
- VIII. La tasa libre de riesgo es la misma para todos los inversionistas.
- IX. La información está disponible de manera gratuita e instantánea para todos los inversionistas.
- X. Los inversionistas tienen expectativas homogéneas. Esto significa que tienen las mismas percepciones en relación con los rendimientos esperados, desviaciones estándar y covarianza de los valores.³⁰

Los supuestos de la conducta racional del inversionista y la perfección del mercado, implican que como consecuencia todos los inversionistas posean un portafolios bien diversificado, eficiente y, por tanto, óptimo. De acuerdo con Sharpe y Alexander, el portafolios óptimo por naturaleza es el portafolios del mercado y el cual:

... es un portafolios que consiste de una inversión en todos los valores en la cual la proporción a invertir en cada uno de éstos corresponde a su valor de mercado relativo. El valor de mercado relativo de un valor es simplemente igual al valor de capitalización del valor dividido entre la suma de los valores de capitalización de todos los valores.³¹

De acuerdo con los supuestos anteriormente citados, la verdadera preocupación de los inversionistas, que supuestamente poseen el portafolios del mercado (óptimo por definición), es exclusivamente el riesgo sistemático ya que es el único riesgo correlacionado con el rendimiento del portafolios del mercado (el riesgo no sistemático no está correlacionado con el rendimiento pues ha sido eliminado ya que el portafolios del mercado es óptimo) y al no poder eliminarse mediante la diversificación determinará el nivel de riesgo a que está expuesta la inversión. De esto se desprende que el inversionista espera recibir una prima por cada unidad adicional de riesgo sistemático que asume.

Según la línea de pensamiento propuesto por el CAPM, la prima que debe percibir el inversionista por concepto del riesgo asumido en su inversión en un activo con riesgo (acción) es proporcional a la contribución de dicho activo al riesgo total del portafolios de inversión, medible por la varianza de sus rendimientos. La contribución de un activo individual a ese riesgo total es la sumatoria de las covarianzas del rendimiento de dicho activo con los rendimientos de los demás activos integrantes del portafolios. Esto es:

$$w_1[w_1 \text{COV}(r_1, r_1)] + w_2 \text{COV}(r_2, r_1) + \dots + w_1 \text{COV}(r_1, r_1) + \dots + w_n \text{COV}(r_n, r_1).$$

Es importante observar que el término $\text{cov}(r_i, r_i)$ que aparece en esta expresión corresponde a la varianza de los rendimientos del activo *i*ésimo y que, como también puede verse, resulta demasiado pequeño en comparación con la suma de los otros términos incluidos. Esto puede interpretarse como una confirmación de que dentro del portafolios el riesgo individual de un activo es prácticamente insignificante y lo que realmente importa es la covariación de dicho activo con los demás activos.

³⁰ Sharpe William F. y Alexander Gordon J.: *Op. cit.* pp. 195-196

³¹ *Idem*, p. 199

Ahora bien, para determinar la prima por riesgo que debe recibir un inversionista por la acción iésima, con base en los supuestos del CAPM es necesario recurrir al planteamiento que se presenta en los párrafos siguientes.

Si se agrega una pequeña fracción a la inversión en el portafolios del mercado, que denotaremos por δ , financiándola con apalancamiento a la tasa libre de riesgo, r_f , suponiendo que existe una tasa libre de riesgo que es igual tanto para tomar como para conceder préstamos, la posición del portafolios implica ahora tres componentes en su rendimiento: r_m o rendimiento del mercado derivado por la posición original del portafolios, δr_m por la posición larga en el portafolios del mercado y $-\delta r_f$ por la posición corta sobre la tasa libre de riesgo; o lo que es lo mismo:

$$R_p = r_m + \delta r_m - \delta r_f$$

que puede simplificarse como

$$R_p = r_m + \delta(r_m - r_f)$$

y que tiene como valor esperado

$$E(R_p) = E(r_m) + \delta[E(r_m) - r_f]$$

Si se toma en consideración que el rendimiento original esperado del portafolios antes de llevar a cabo el incremento δ en la inversión era $E(R_p) = E(r_m)$, el rendimiento incremental (marginal) esperado resulta ser

$$\Delta E(R_p) = \delta[E(r_m) - r_f].$$

De lo anterior resulta que ahora, debido a la posición del portafolios con la inversión incremental, la proporción de la inversión es $(1 + \delta)$ en el portafolios del mercado y de $-\delta$ en el activo libre de riesgo. Razón por la cual el riesgo del portafolios, medido por la varianza, está dado por

$$\sigma^2 = (1 + \delta)^2 \sigma_M^2 = (1 + 2\delta + \delta^2) \sigma_M^2 = \sigma_M^2 + 2\delta \sigma_M^2 + \delta^2 \sigma_M^2$$

Pero dado que δ es una fracción muy pequeña, δ^2 se vuelve prácticamente insignificante en comparación con 2δ , por lo que se puede ignorar. Este hecho da como resultado que la varianza ajustada del portafolios sea

$$\sigma^2 = \sigma_M^2 + 2\delta \sigma_M^2$$

y el incremento en la varianza

$$\Delta \sigma^2 = 2\delta \sigma_M^2.$$

Este incremento es el riesgo marginal y que origina que el precio marginal del riesgo en el portafolios del mercado esté entonces dado por:

$$\Delta E(R_p) / \Delta \sigma^2 = \delta [E(r_m) - r_f] / 2\delta \sigma_M^2 = [E(r_m) - r_f] / 2\sigma_M^2.$$

Ahora bien, supóngase que δ se invierte en el activo i en lugar de invertirse en el portafolios del mercado, financiándose esta inversión también a la tasa libre de riesgo. Es decir, ahora los componentes del rendimiento del portafolios es: r_m o rendimiento del mercado derivado por la posición original del portafolios, δr_i por la posición larga en la acción i y $-\delta r_f$ por la posición corta sobre la tasa libre de riesgo; y el rendimiento del portafolios será entonces:

$$R_p = r_m + \delta r_i - \delta r_f$$

$$R_p = r_m + \delta (r_i - r_f).$$

Por lo anterior, el rendimiento esperado será igual a

$$E(R_p) = E(r_m) + \delta [E(r_i) - r_f],$$

y, por un razonamiento semejante al caso anteriormente descrito, el incremento en el rendimiento esperado del portafolios es ahora

$$\Delta E(R_p) = \delta [E(r_i) - r_f].$$

Debido a que la varianza del portafolios es ahora

$$\sigma^2 = \sigma_M^2 + 2\delta \text{cov}(r_i, r_m) + \delta^2 \sigma_i^2,$$

el incremento en la varianza del portafolios es

$$\Delta \sigma^2 = \delta^2 \sigma_i^2 + 2\delta \text{cov}(r_i, r_m),$$

eliminando el término que incluye al ignorable δ^2 , se tiene que el precio marginal del riesgo para la acción i es

$$\Delta E(R_p) / \Delta \sigma^2 = \delta [E(r_i) - r_f] / 2\delta \text{cov}(r_i, r_m) = [E(r_i) - r_f] / 2\text{cov}(r_i, r_m)$$

En el equilibrio el precio marginal del riesgo para la acción i debe ser igual al precio marginal del riesgo para el portafolios del mercado, es decir,

$$[E(r_m) - r_f] / 2\sigma_M^2 = [E(r_i) - r_f] / 2\text{cov}(r_i, r_m),$$

de donde, al despejar en términos de la prima de riesgo para el activo i , $E(r_i) - r_f$, se obtiene

$$E(r_i) - r_f = [(E(r_m) - r_f) / \sigma_M^2] \text{cov}(r_i, r_m).$$

Acomodando ligeramente los términos se llega a la conocida expresión del CAPM

$$r_i = r_f + \beta_i (r_m - r_f),$$

en la que ahora $\beta_i = \text{cov}(r_i, r_m) / \sigma_M^2$, el famoso coeficiente beta del modelo CAPM.

Del modelo CAPM se desprende que una acción cuyos rendimientos tengan una covarianza con los rendimientos del mercado $\text{cov}(r_i, r_M) = \sigma_{iM} = 0$, tendrá un rendimiento esperado igual a la tasa libre de riesgo (R_f). De manera similar, se puede deducir fácilmente que mientras más alta (baja) sea la covarianza de los rendimientos de la acción íesima con los rendimientos del mercado de valores, mayor (menor) será su rendimiento esperado.

Para estimar el riesgo de un portafolios se emplea la β del portafolio. En ese caso, se suman las betas individuales de las acciones que integran el portafolios, ponderándolas con base en la proporción de la inversión en cada una de ellas.

3.2 Principales resultados de la investigación empírica del CAPM

Como se ha mencionado, el modelo CAPM se basa en supuestos de un mercado perfecto con inversionistas racionales, cuyas expectativas son homogéneas y basadas en un único horizonte de planeación, por lo que simplifican la realidad pero facilitan el análisis, permitiendo al modelo establecer una relación teórica entre el riesgo y el rendimiento susceptible de someterse a prueba empírica. A pesar de la utilidad práctica de los supuestos mencionados, se han efectuado extensiones para hacer que el modelo sea más realista al mismo tiempo que empíricamente verificable.

De manera alternativa, Douglas T. Breeden propuso y desarrolló una extensión al modelo de Sharpe. En el modelo de Breeden el riesgo del valor se mide en función de su sensibilidad a los cambios en el consumo del inversionista,³² eliminando la necesidad de contar con un índice de mercado que incluya el rendimiento de todos los activos financieros disponibles. Cabe mencionar aquí que uno de los puntos sobre los que se ha debatido al discutir la validez del CAPM es precisamente sobre cuál indicador debe utilizarse para determinar el rendimiento del mercado. Así, para efectos de la investigación empírica, hay un consenso generalizado en la utilización de índices bursátiles, pero también hay quienes sugieren que deberían tomarse en cuenta todas las posibilidades de rendimiento con que puede contar el inversionista mediante los diversos activos financieros, tales como: bonos corporativos y gubernamentales, así

³²Entre otros artículos sobre sus investigaciones puede consultarse: Breeden Douglas T., Michael R. Gibbons y Robert H. Litzenberger, 1980, "Empirical tests of the consumption oriented CAPM", *Journal of Finance*, 44, 231-262

como otros instrumentos del mercado de dinero e, incluso, productos financieros derivados.

Como consecuencia de la discusión anterior surge el cuestionamiento sobre cuál debe ser la composición del portafolios del mercado, eficiente por definición y básico en la construcción teórica del CAPM. Se podría concluir, de manera similar al argumento relacionado con el índice del rendimiento del mercado, que el portafolios del mercado debería incluir toda la gama de activos financieros disponibles al inversionista en las cantidades proporcionales a su participación en la capitalización del mercado, no sólo a las acciones que forman parte de la muestra con que se construyen por lo general los índices bursátiles utilizados como referencias.

A pesar de los problemas prácticos encontrados, cabe mencionar que en las investigaciones en que participó Breeden se encontró fuerte evidencia de una alta correlación entre los rendimientos de los activos estudiados y la tasa de crecimiento del consumo real.

También es digna de tomarse en cuenta entre las principales modificaciones hechas al CAPM la realizada por Fisher Black en el modelo conocido como "CAPM beta-cero" y que elimina otra de las consideraciones esenciales del CAPM original: la existencia de una misma tasa libre de riesgo tanto para prestar fondos como para pedirlos prestados. Black, en compañía de Michael C. Jensen y Myron Scholes, realizó una investigación para probar la validez del CAPM, alcanzando resultados consistentes con la propuesta del "CAPM beta-cero".

Cabe mencionar que Eugene F. Fama y James MacBeth, mediante una metodología semejante a la del equipo de Black, buscaron probar la linealidad de la relación entre el rendimiento y el riesgo sistemático tal como es medido por la beta, demostrando que sí es lineal dicha relación y, adicionalmente, que el riesgo no sistemático (o diversificable) no explica los rendimientos esperados.

No obstante la coherencia de la lógica del CAPM, surgen una serie de problemas para su prueba empírica. Uno de los principales es que no es posible sostener que la beta sea constante en el tiempo.

Además, pudiera ser el caso que los rendimientos de las acciones no estén relacionados de manera lineal con los rendimientos del mercado, razón por la cual la especificación lineal del CAPM sería incorrecta. Incluso, a pesar de que dicha relación fuese lineal surge el problema de mediciones de los rendimientos del portafolios y/o de la tasa libre de riesgo, particularmente es de esperarse que la estimación del modelo sea sensible a la tasa que se use para estimar los rendimientos en exceso.

Por último, subyace el hecho de que únicamente se considera al riesgo de mercado soslayando otras posibles fuentes de riesgo y, lo que es peor, las condiciones prevalentes en mercados distintos pueden hacer que sea imposible que se satisfagan los supuestos en que se asienta la lógica de este modelo.

Por las razones anteriores no es posible aceptar que el CAPM sea un modelo incuestionable, incluso a pesar de que sí puede considerarse como una de las mayores aportaciones que se han hecho a la teoría del mercado de valores, merecedora del Premio Nóbel. Las debilidades aquí expuestas, así como otras que se hayan soslayado, con o sin intención de mi parte, han obligado a que se continúe en la búsqueda de modelos que expliquen el proceso de generación de rendimientos de la inversión en el mercado accionario.

De esta forma, han surgido líneas de investigación en torno a la valuación de activos financieros que utilizan simultáneamente varios índices para dar cabida a la consideración del riesgo derivado de otros factores tales como inflación, ciclo económico, tasa de interés, probabilidad de incumplimiento de las deudas por parte de la empresas, por ejemplo.

3.3 Teoría de Valuación por Arbitraje (APT)

No obstante la evidencia teórica y empíricamente favorable encontrada en los estudios sobre el CAPM, incluyendo otros aparte de los antes mencionados, Stephen Ross criticó algunos aspectos del CAPM.³³ En su argumentación Ross sostiene que la única hipótesis que puede someterse a prueba mediante el CAPM es la eficiencia del portafolio del mercado, puesto que la relación lineal entre el rendimiento esperado y la beta no puede ser probada independientemente toda vez que surge de la eficiencia misma del portafolios del mercado.

También señala que a partir de una muestra de acciones individuales es posible encontrar, *ex post*, innumerables portafolios eficientes, linealmente relacionados con las betas individuales de las acciones que los componen debido a que, para calcular las betas, se utilizan los rendimientos y covarianzas del mismo periodo. Lo anterior conduce a concluir que existe más de un portafolios eficiente factible, no sólo el portafolios del mercado.

Cabe mencionar que Ross está entre quienes opinan que la utilización del portafolio configurado con la canasta de acciones que se toman en cuenta para formar un índice bursátil y éste último, pueden no ser los mejores representativos del portafolios de mercado ni del rendimiento, respectivamente.

Por otra parte, siguiendo una línea de razonamiento diferente, Ross³⁴ propone el modelo de valuación por arbitraje (APT por las siglas en inglés de *Arbitrage Pricing Theory*), el cual considera al riesgo sistemático como una consecuencia del comportamiento de diversos factores económicos que afectan a todas las empresas.

³³ Como ejemplo puede citarse su artículo de 1978: "The current status of the capital asset pricing model (CAPM)", *Journal of Finance*, 33, 885-901

³⁴ Ross Stephen A.: 1976, "The arbitrage theory of capital asset pricing", *Journal of Economic Theory*, 13 341-360

En función de los factores que afectan la marcha de la empresa, se genera información que los inversionistas utilizan para pronosticar la rentabilidad esperada de las acciones que poseen o desean poseer. Por lo tanto, en la rentabilidad de cualquier acción negociada públicamente, como es el caso de las que se comercian en bolsas o mercados electrónicos (*over the counter*), un primer componente de su rentabilidad es el rendimiento esperado o más probable en condiciones normales, según la estimación de los inversionistas.

Por otra parte, existe un segundo componente de la rentabilidad de cualquier acción. Dicho componente se deriva como una consecuencia directa de la información que se agrega después de haber sido elaborado el pronóstico del rendimiento esperado. La probabilidad de que la nueva información modifique el rendimiento esperado una vez transcurrido un periodo de tiempo dado, como puede serlo el de la tenencia de un activo financiero, implica que la rentabilidad total que puede recibirse de la posesión de una acción esté constituido también por una rentabilidad incierta o sujeta a riesgo que el inversionista debe considerar (descontar en términos del léxico bursátil) dentro de sus expectativas de rendimiento.

De manera general, para un periodo el rendimiento total real de una acción puede expresarse mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento total} = \text{Rendimiento esperado} + \text{Rendimiento no esperado}$$

La nueva información que se va incorporando conforme transcurre el tiempo tiene también a su vez dos componentes: una parte esperada o anticipada y una parte no esperada o no anticipada. La parte esperada es de hecho considerada por los inversionistas cuando se ha elaborado el pronóstico sobre el rendimiento, mientras que la no esperada constituye una sorpresa. Entonces, de acuerdo con Ross, la sorpresa o parte no anticipada del anuncio constituye el verdadero riesgo que enfrenta toda inversión.³⁵

Por ejemplo, cuando se estima el rendimiento esperado de una acción en particular se ha utilizado como base del pronóstico la expectativa que se ha formado el inversionista respecto a la tasa de inflación. Si suponemos que posteriormente el anuncio del crecimiento del nivel de precios para el periodo hecho por la autoridad correspondiente difiere positiva o negativamente de la expectativa del inversionista, estaremos entonces enfrentando el hecho de que una parte de la tasa de inflación ha sido anticipada por el inversionista (parte esperada del anuncio) pero existe una parte de la inflación no anticipada por el inversionista (sorpresa).

Ross también acepta que, debido a que el riesgo no sistemático de una empresa o acción de la misma no se encuentra relacionado (correlacionado) con los riesgos específicos de otras empresas, el único riesgo realmente importante y por el cual debe preocuparse el inversionista es el sistemático, puesto que su existencia afecta a todas

³⁵Ross Stephen A., Westerfield Randolph W. y Jaffe Jeffrey F.: *Finanzas corporativas*, 3ª ed., Irwin-McGraw Hill, Madrid, 1997

las empresas y como consecuencia hace que una acción se correlacione con las demás acciones mediante él y, asimismo, que el rendimiento que debe recibir el inversionista está en parte determinado por la exposición de su inversión a los factores causales del riesgo sistemático. En este sentido puede observarse que se mantiene la relación básica del CAPM de acuerdo con la cual a mayor exposición al riesgo sistemático le corresponde un mayor rendimiento esperado.

Entonces, el proceso de generación de rendimientos supuesto por la APT se explicaría de acuerdo con:

$$R = Re + \beta_1 \lambda_1 + \dots + \beta_k \lambda_k$$

donde:

- R = Rendimiento de la acción o del portafolios
- Re = Rendimiento esperado
- λ_k = Sorpresa o parte de la rentabilidad no esperada no anticipada
- β_k = Sensibilidad del rendimiento de la acción a la sorpresa no anticipada

De esta fórmula general se desprende que en este modelo se encontrarán diversas betas, tantas como factores de riesgo se estén considerando. Cabe también señalar que cuando la inversión no está sujeta a riesgo alguno, el rendimiento esperado (Re) es igual a la tasa libre de riesgo, puesto que en este caso el valor de todo λ es cero.

Con base en lo anteriormente expuesto, al menos en teoría, el modelo de la APT de Ross puede utilizarse para estimar los cambios en el rendimiento de una acción o portafolios con base en los efectos de los cambios de las variables que determinan el riesgo sistemático, sin tener que recurrir a los supuestos de un portafolios eficiente (como es el caso del portafolios del mercado supuesto en el CAPM) ni al rendimiento del mercado como punto de referencia para determinar el rendimiento en exceso³⁶ y, por tanto, la prima por el riesgo sistemático.

Además, la lógica APT establece como supuesto fundamental que la beta del mercado no es suficiente para explicar todo el riesgo sistemático,³⁷ por lo que la valuación se mejora al analizar los efectos de otros factores económicos vinculados con el desempeño de las empresas.

El problema, nada simple, que implica considerar todas las posibles variables económicas que pueden influir en el desempeño de las empresas y, por tanto, en los precios y rendimientos de sus acciones circulantes en el mercado, Ross lo resuelve planteando que incluso mediante unas cuantas variables económicas es posible

³⁶El rendimiento en exceso o excesivo se refiere al diferencial entre la tasa de rendimiento del activo (supuesto activo con riesgo) y la tasa que se denomina libre de riesgo (la proporcionada por un instrumento gubernamental, como podría ser el CETE mexicano en nuestro medio bursátil).

³⁷Esta pudiera ser una de las causas que han llevado a resultados ambiguos en la investigación empírica del CAPM. De ser así, la propuesta de Ross sería entonces de gran valía desde la perspectiva metodológica.

determinar la sensibilidad de una acción al riesgo sistemático, y por tanto de las primas de riesgo que paga dicha acción al inversionista.

La lógica de esa afirmación descansa en el hecho de que las variables económicas guardan una estrecha interrelación entre sí, por lo que identificando e incluyendo en el modelo únicamente las variables fundamentales es posible estimar la reacción de los rendimientos de una acción a cambios en los valores de dichas variables.

A diferencia del CAPM, la APT de Ross no es un modelo de equilibrio de la valuación de activos financieros de riesgo basado en la simplificación de las funciones teóricas de utilidad del inversionista, sino su base es el concepto de arbitraje. Evidentemente se diferencia también al considerar que el proceso de generación de los rendimientos de una acción o de un portafolios es una consecuencia directa de la influencia de diversos factores (no exclusivamente el rendimiento del mercado) cuyos efectos se resienten en todas las empresas, aunque sus impactos pueden ser con diferentes proporciones dando lugar a diferencias en el rendimiento.

Además, tampoco supone que los inversionistas consideren su inversión en portafolios con base en el rendimiento esperado y la desviación estándar como únicos criterios. Alternativamente simplifica la consideración de las preferencias del inversionista y su actitud hacia el riesgo, al partir simplemente del supuesto de que los inversionistas prefieren mayores niveles de riqueza que menores.

Con base en lo anterior, puede considerarse que si la APT explica correctamente el proceso de formación de precios, su aplicación constituye entonces un mecanismo sumamente potente para la valuación de activos. Sin embargo, es necesario destacar que para efectos de análisis empírico no es posible determinar apriorísticamente las sorpresas puesto que éstas no son observables *ex ante*.

Ante la imposibilidad de observar las sorpresas, para someter a la prueba empírica el modelo general que sugiere la APT, Ross establece como supuestos que dado un portafolios suficientemente diversificado como para eliminar todo el riesgo no sistemático, y si son iguales las ponderaciones de cada acción dentro del portafolios, entonces la relación entre el rendimiento esperado y las variables económicas que lo explican puede presentarse de manera formal mediante la siguiente expresión:

$$E[R]_i = \beta_0 + \beta_1\lambda_1 + \beta_2\lambda_2 + \beta_3\lambda_3 + \dots + \beta_k\lambda_k$$

Donde:

- $E[R]_i$ = Rendimiento esperado de la acción *i*
- β_0 = Tasa libre de riesgo
- λ = Factor de riesgo
- β = Sensibilidad de la acción a los cambios en el factor de riesgo

Aunque no todos los expertos en la materia están de acuerdo, siguiendo la formalización del modelo de Ross, el CAPM podría ser entonces un caso del modelo general APT,³⁸ es decir:

$$E[R_i] = \lambda_0 + \beta\lambda$$

donde:

$E[R_i]$	=	Rendimiento esperado de la acción i , al igual que en el CAPM
λ_0	=	Tasa libre de riesgo
λ	=	$r_m - r_f$ o rendimiento en exceso del mercado
β	=	Beta de la acción

Un atractivo importante del modelo APT para la investigación es que permite que el investigador decida cuáles variables incluir o, bien, mediante un análisis previo determine cuáles son los factores que deben tomarse en cuenta para la especificación del modelo.

3.4 Principales resultados de la investigación empírica de la APT

De manera similar al revuelo ocasionado por el CAPM, la APT ha inspirado la realización de un buen número de investigaciones académicas. Ross se dio personalmente a la tarea de investigar la factibilidad de su teoría, realizando, entre otras, una investigación conjunta con Richard Roll, a partir de la que concluyeron que si existía soporte empírico para ella.³⁹ Posteriormente, para estructurar formalmente un modelo de la APT susceptible de comprobarse empíricamente, Ross, Nai-Fu Chen y Richard Roll plantearon como hipótesis de investigación que los factores sistemáticos podrían representarse adecuadamente mediante la tasa mensual de crecimiento industrial, los cambios en la tasa de inflación, la inflación no esperada, los cambios no esperados en las primas de riesgo existentes al comparar los bonos corporativos de mediana calidad de inversión con bonos gubernamentales de largo plazo, así como los cambios en la prima por el plazo de inversión tomando como base la diferencia en rendimientos que existe entre los bonos gubernamentales de largo plazo y los de corto plazo.

Los resultados de esta última investigación se publicaron en 1986 en el *Journal of Business*, con el título *Economic Forces and the Stock Market*.⁴⁰ El estudio realizado se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase se estimaron los rendimientos esperados y los coeficientes (betas) de los factores de riesgo sistemático, mediante datos ordenados en series de tiempo con los rendimientos diarios de acciones individuales cotizadas en NYSE y/o AMEX. Posteriormente, para la segunda fase utilizaron las

³⁸ Treynor L. Jack: "Appendix A. Relating the CAPM to APT", en Farrell James L., Jr.: *Portfolio management; theory & application*, 2ª ed., McGraw Hill, Nueva York, 1997, pp. 115-118

³⁹ Roll Richard y Ross Stephen A.: "An empirical investigation of the Arbitrage Pricing Theory", *Journal of Finance*, XXXV, N° 5, diciembre de 1980, 1073-1103

⁴⁰ Bodie, Kane y Marcus, *op. cit.*, pp. 331-333

estimaciones de la fase primera para estimar las primas por riesgo mediante un análisis de regresión de sección cruzada, ordenando para ello las acciones en 42 grupos de 30 acciones cada uno. Aunque no definitivos, los resultados encontrados fueron sugerentes de que son correctos los supuestos teóricos en que se fundamenta el APT, aunque lo anterior se logró imponiendo como restricción el supuesto de que los rendimientos de los factores no están correlacionados (es decir, que no existe dependencia lineal entre ellos).

Otro ejemplo de resultados favorables es la investigación realizada en el mercado australiano por Groenewold y Fraser.⁴¹ El objetivo perseguido en primera instancia fue probar la superioridad del APT sobre el CAPM que se ha descrito en nuestros antecedentes. Para llevar a cabo su estudio, estos investigadores utilizaron en la prueba del APT los índices bursátiles mensuales sectoriales de 1980 a 1994. Siguiendo la misma metodología aplicada en el estudio de Chen, Ross y Roll, encontraron que la tasa de inflación tiene una prima de riesgo consistente en todo el periodo y que en los demás factores de riesgo investigados las primas de riesgo varían para los diferentes subperiodos. En cuanto al desempeño comparativo del APT encontraron que éste modelo funcionó mejor que el CAPM para todo el periodo de la prueba.

Sin embargo, además de la imposibilidad práctica de observar *ex ante* las sorpresas, debido a que normalmente se utilizan índices económicos en otros estudios para la verificación empírica de la APT se ha encontrado el problema de que los resultados en ocasiones no son sólo inconclusivos, sino que en algunos estudios resultan ser definitivamente desfavorables. Esto es, no todas las pruebas empíricas que se han llevado a cabo con el objeto de validar la APT han alcanzado resultados alentadores.

Por ejemplo, en estudios al respecto Clare, Priestley y Thomas⁴² iniciaron probando en el mercado de valores del Reino Unido la APT los factores analizados por Chen, Ross y Roll valiéndose de diferentes metodologías. Al realizar pruebas mediante la metodología que Fama y McBeth siguieron en el estudio del CAPM (anteriormente mencionada en los antecedentes del CAPM) y compararla con una regresión de una fase, encontraron que el modelo APT es sumamente sensible a los estimadores seleccionados.

Cabe mencionar que, además, en la regresión de una fase se enfrentó un problema de error en variables (EIV) y, como consecuencia de esto, se obtuvieron estimadores inconsistentes y que además no eran los de mínima varianza (es decir, también ineficientes). También descubrieron que la sensibilidad a los estimadores empleados es mucho mayor si no se corrige el problema de error en variables antes citado.

⁴¹Groenewold Nicolaas y Fraser Patricia: "Share prices and macroeconomic factors", *Journal of Business Finance and Accounting*, 24, 1997, 1367-1417

⁴²Clare Andrew, Priestley Richard y Thomas Stephen: "The robustness of the APT to alternative estimators", *Journal of Business Finance and Accounting*, 24, 1997, 645-711

Basándose en la metodología de mínimos cuadrados no lineales propuesta por McElroy, Burmeister y Wall⁴³ para superar el problema de error en variables, decidieron probar utilizando una metodología de mínimos cuadrados no lineales en tres fases. En primera instancia obtuvieron como resultado que ninguno de los factores estudiados recibía una prima de riesgo, es decir, que la metodología y factores propuestos por Chen, Ross y Roll para el mercado de valores estadounidense definitivamente no contaban con evidencia de validez empírica para el mercado de valores del Reino Unido.

Sin embargo, al remover el supuesto establecido en el modelo de Ross en cuanto a que los rendimientos atribuibles a los diferentes factores no están correlacionados, utilizando factores no restringidos, encontraron que en el mercado de valores londinense los inversionistas reciben primas por riesgo en relación con el riesgo de pago de los bonos corporativos, el índice de precios de ventas al menudeo, el rendimiento de un índice de obligaciones corporativas, el nivel de crédito bancario y el rendimiento del portafolios del mercado.

De hecho, al incluir el portafolios del mercado, de acuerdo con los resultados que alcanzaron se puede decir que arrojan evidencia de la endogeneidad del mercado bursátil, esto es, la evidencia apunta en el sentido de que existe correlación entre las variables explicativas del proceso de generación de rendimientos en el modelo APT, lo que constituye una visible contradicción del supuesto de no correlación establecido por Ross. Por otra parte, en el contexto de administración de portafolios internacionales (incluyendo activos de diferentes países) no se ha logrado la suficiente evidencia empírica que permita validar en definitiva la teoría de Ross.

No obstante la existencia de problemas para su comprobación empírica, los cuales han llevado a no lograr resultados conclusivos en muchos de los intentos por probarlos, por su atractivo conceptual el APT ha servido de base para el desarrollo genérico de modelos multifactoriales o multiíndices que buscan estimar los rendimientos y el riesgo de una acción o portafolios empleando diversos factores para explicar el riesgo de mercado y, como consecuencia, establecer estimaciones del rendimiento y riesgo implícitos con base en el comportamiento de dichos factores.

Cabe mencionar que actualmente el APT se considera un serio contendiente del CAPM para explicar el proceso de generación de rendimientos y, consecuentemente, para evaluar portafolios de inversión en activos financieros. Por tanto y muy a pesar de la problemática para probarlo empíricamente, se continúa investigando en torno a su aplicabilidad.

A la fecha, en las pruebas empíricas sobre el desempeño de modelos para la investigación de la APT, se han adoptado dos caminos básicos: el desarrollo de análisis

⁴³McElroy M.B., Burmeister E. y Wald K.D.: 1985, "Two estimators for the APT model when factors are measured", *Economic Letters*, 19, 271-75; véase también McElroy M.B. y Burmeister E.: 1988, "Arbitrage Pricing Theory as a restricted nonlinear multivariate regression model: ITNLSUR estimates", *Journal of Business and Economic Statistics*, 6, 29-42, así como Burmeister E. y McElroy M.B.: "Joint Estimation of Factor Sensitivities and risk premia for the Arbitrage Pricing Theory", *Journal of Finance*, 43, 1988, 721-35

factoriales para detectar posibles factores que afectan a los rendimientos o, bien, partiendo de ciertos factores que en teoría pueden ser explicativos, se procede a desarrollar pruebas empíricas mediante la especificación de un modelo econométrico (muchas de las veces recurriendo a modelos lineales).

Mei ha propuesto una metodología de mínimos cuadrados lineales en tres fases.⁴⁴ En la prueba empírica del APT, Mei aplica un enfoque autorregresivo mediante un procedimiento de mínimos cuadrados lineales de tres fases. Es decir, en esta metodología se consideran como una fuente de información importante los valores de los rezagos de los rendimientos, razón por la que se pueden considerar como variables explicativas del rendimiento actual.

El número de los rezagos considerados depende de la magnitud del efecto que se deriva de la información histórica contenida en cada valor rezagado de la variable independiente, así como del número de factores a considerar en el estudio (a mayor número de factores se deberá extraer más información histórica por lo que el número de rezagos aumenta).

De hecho Mei no especifica cuantos rezagos deben tomarse en cuenta e incluirse en la estimación del modelo, pero su inclusión es una forma de obtener un verdadero representante de los factores de riesgo, generalmente no observables. Además, rescatando la información histórica se capturan además en el modelo los valores de las sensibilidades de los rendimientos a los cambios en las magnitudes de los diferentes factores que generan dichos rendimientos.

No obstante, es necesario no perder de vista que aunque muy útil, la información histórica sobre las sensibilidades de los rendimientos a cambios en las variables económicas que se obtiene mediante el enfoque autorregresivo propuesto por Mei se da de manera agregada. Por tal motivo, se dificultaría determinar de manera directa e inmediata cuántos y cuáles factores económicos son los que generan los rendimientos observados.

Como único ejemplo importante de un estudio empírico realizado en el mercado mexicano de valores, cuyos resultados se hayan difundido en publicaciones internacionales, se encuentra la investigación que hicieron Warren Bailey y Y. Peter Chung⁴⁵ con el objetivo de probar la relación entre el rendimiento de acciones cotizadas en la Bolsa Mexicana de Valores y el riesgo derivado de factores económicos que consideraron importantes para el caso mexicano. De manera particular se centraron en el estudio del efecto que sobre los rendimientos de dichas acciones tienen las fluctuaciones del tipo de cambio y el riesgo político. Por lo anterior, en su estudio se incluyó el análisis de los impactos del tipo de cambio oficial, la prima que paga el tipo de cambio libre respecto del oficial, el diferencial (*spread*) entre los rendimientos de

⁴⁴Mei Jianping: *New Methods for testing the Arbitrage Pricing Theory and the Present Value Model*, Disertación doctoral, Princeton University, 1990

⁴⁵Bailey Warren y Chung P., "Exchange rate fluctuations, political risk, and stock returns: some evidence from an emerging market", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 30, (1995), 541-561

instrumentos gubernamentales mexicanos y estadounidenses, así como de los cambios en tasa excesiva del mercado con base en el índice de precios y cotizaciones de la BMV.

Entre los principales resultados alcanzados por Bailey y Chung, según afirman en el resumen de su reporte de la investigación, destaca el hallazgo de alguna evidencia de la existencia de primas en los rendimientos proporcionados por las acciones de la muestra bajo estudio, tomadas éstas tanto de manera individual como configuradas en portafolios por industria, atribuibles a la exposición a los factores de riesgo que se analizaron.

El periodo abarcado por el estudio de Bailey y Chung comprende la estimación de rendimientos mensuales de enero de 1986 a junio de 1994, utilizando una base de datos de precios de cierre diario de 45 acciones de empresas mexicanas, clasificándolas en ocho sectores de actividad económica. Cabe mencionar que debido a la ausencia de datos no fue posible estimar los rendimientos para todas las acciones que estudiaron durante el periodo completo, debilidad que debe tomarse en cuenta como una limitante manifiesta para efectuar este tipo de estudios.

IV ANÁLISIS ECONÓMTRICO DE ACCIONES INDIVIDUALES

Este capítulo se dedica a la presentación de los resultados obtenidos en la estimación mínimo-cuadrática⁴⁶ de los modelos teóricos descritos en el capítulo anterior para analizar el proceso de generación de los rendimientos de 22 acciones de empresas mexicanas que cotizan en el listado principal de la Bolsa Mexicana de Valores. Las estimaciones resultantes de la pruebas empírica de dichos modelos corresponden a su aplicación a las acciones tomadas de manera individual. El objetivo planteado es probar si existen evidencias de las relaciones propuestas en las teorías correspondientes.

En primer lugar se presentan dos especificaciones basadas en el modelo teórico conocido como *Capital Assets Pricing Model (CAPM)*, que como se ha mencionado anteriormente postula que la relación entre los rendimientos de una acción y los rendimientos del portafolios del mercado constituye el fundamento de la generación de los rendimientos accionarios. Las hipótesis de trabajo en estas pruebas son a) que los rendimientos de las acciones estudiadas son explicados por el modelos teórico CAPM, b) que existe una prima de riesgo y existe también una tasa libre de riesgo y c) que los rendimientos en exceso o primas de riesgo de cada activo, definidos como la diferencia entre el rendimiento del activo bajo estudio y el rendimiento del instrumento libre de riesgo, $r_{i,t} - r_{f,t}$, se explican por dicho modelo teórico.

Siguiendo la línea de pensamiento de Stephen A. Ross, se presenta una especificación con base en la APT (planteada por su autor como una alternativa a las propuestas teóricas del CAPM) la cual, como también se ha mencionado, atribuye el proceso de generación de los rendimientos accionarios a factores económicos que por su naturaleza macro afectan a todo el mercado accionario. Para este caso la hipótesis de trabajo consiste en que los rendimientos en exceso se explican por los efectos que ejercen los diversos factores económicos que se postulan y que son presentados páginas adelante.

No obstante lo anteriormente expuesto, a pesar de tratarse de un contraste entre teorías alternativas, es conveniente mencionar que no hemos establecido como criterio de prueba *a priori* una posición propia desfavorable o favorable respecto a cuál de ellas puede cumplir más adecuadamente su función de explicar el proceso de generación de los rendimientos accionarios. Si se tomara como posición personal una de las propuestas equivaldría a adoptar también como hipótesis de trabajo que su formulación explica mejor la generación de los rendimientos excesivos de las acciones bajo estudio.

Sin embargo, es necesario señalar que una de las motivaciones de este trabajo es la duda originada por el hecho de que si bien es importante la simplicidad en un modelo (debido al principio de parsimonia), ésta puede resultar insuficiente para la explicación del proceso de generación de rendimientos con base en el comportamiento de un índice accionario como lo demuestran diversos estudios realizados empíricamente para probar

⁴⁶ Los detalles del método de la estimación mediante mínimos cuadrados y de las pruebas estadísticas aplicadas se presentan como parte del apéndice que aparece al final del trabajo.

la validez del CAPM y, en contraparte, *a priori* se considera que la APT puede hacer una aportación teórica y metodológica importante para explicar la generación de rendimientos accionarios en el medio bursátil mexicano.

4.1 Características de la muestra y de los datos empleados

4.1.1 La muestra

La muestra comprende a 22 acciones de empresas mexicanas que cotizaron en el listado principal de la Bolsa Mexicana de Valores durante el periodo comprendido entre enero de 1994 y diciembre de 1998. Dichas acciones son: Bimbo A, Cemex B, Cemex CPO, Cifra V, Cydsasa A, Gcc B, Gfb A, Gfnorte B, Gigante B, Ica, Kimber A, Kimber B, Kof L, Maseca B, Moderna, Peñoles, Tamsa, Televisa CPO, Telmex A, Telmex L, Ttolmex y Vitro.

Debido a que la variable de interés son los rendimientos accionarios y puesto que se puede suponer que las observaciones que se tomarán como muestra pertenecen a una población infinita, la selección del tamaño muestral se realizó utilizando la fórmula para este tipo de poblaciones, es decir

$$n = Z^2 \sigma^2 / e^2$$

n	=	tamaño de la muestra,
Z	=	variable normal estandarizada,
σ^2	=	varianza poblacional,
e	=	error muestral.

Al elegir un error muestral de 4 en unidades de porcentaje de rendimiento, dado un nivel de confianza de 95% (en unidades de la normal estandarizada $Z=1.96$), debido a que la varianza de la población, medida por el rendimiento en exceso del mercado o prima de riesgo en el mercado, $r_m - r_f$, resultó ser igual a 90.4664 (redondeando a cuatro decimales), se tuvo que

$$n = (1.96^2 \times 90.4664) / 16 = 21.72098264 \approx 22$$

por lo que, dado el valor aproximado del tamaño de la muestra se decidió que ésta debería conformarse por 22 acciones tomadas del total de las que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores.

La selección de las acciones que deberían incluirse en la muestra se realizó valiéndose de una corrida de números aleatorios generados mediante la función *aleatorio.entre* de la hoja de cálculo *Excel 97*, previa enumeración de las acciones del listado principal de la BMV que aparecen en la sección de análisis bursátil del periódico *El Financiero*.

Debe reconocerse que no fue posible eliminar del todo cierta arbitrariedad en la selección de las acciones miembros de la muestra, pues también se impusieron los requisitos de que para considerarlas candidatas fuera necesaria la disponibilidad de datos suficientes para el periodo de estudio. Como consecuencia directa se tuvo que eliminar y sustituir en la muestra a aquellas acciones que a pesar de resultar seleccionadas no habían cotizado durante todo el periodo.

Sin embargo, como puede verse, en la muestra se incluyen acciones de diversos sectores de actividad económica de acuerdo con la clasificación de la Bolsa Mexicana de Valores. Así, se tiene representantes de las industrias de la transformación (alimentos, bebidas y tabaco; celulosa y papel; siderúrgica; minerales no metálicos), de la construcción (cemento, construcción), extractiva, así como también representantes de casas comerciales, grupos financieros y comunicaciones, incluyendo también una controladora.

De acuerdo con la clasificación de su bursatilidad debe mencionarse que quedaron incluidas en la muestra acciones que al momento de ser seleccionadas se clasificaban como instrumentos con diferentes grados de bursatilidad: alta (Cemex B, Cemex CPO, Cifra V, Gcc B, Gfb A, Ica, Kimber A, Tamsa, Telmex L y Vitro), media (Maseca, Moderna, Peñoles y Televisa CPO), baja (Bimbo A, Cydsasa A, Gigante B, Kof L y Telmex A) y mínima (Gfnorte B, Kimber B y Ttolmex).

4.1.2 Los datos

Se utilizaron los precios de las acciones a fin de mes para todo el periodo de estudio. Estos se obtuvieron de la base de datos diarios recopilados por el maestro Alfredo Díaz Mata, complementándose con base en la información que hace pública la Bolsa Mexicana de Valores y que se encuentra disponible en el Centro de Información de dicha institución.

También se utilizaron los datos correspondientes al Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la BMV, así como los correspondientes a la tasa de Cetes, el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), el tipo oficial de cambio respecto al dólar, el Costo Porcentual Promedio (CPP) y el Índice del Volumen de la Producción Industrial (IVPI). Estos datos se tomaron de la Carpeta Electrónica que publica el Banco de México.

4.2 Análisis del CAPM

Se presenta en primer término la prueba clásica de dos fases, ampliamente utilizada en los estudios empíricos del CAPM. También se presentan las betas individuales de los activos estudiados que fueron obtenidas mediante el modelo del mercado. Finalmente se evalúan los resultados obtenidos en cada prueba.

4.2.1 Especificación de los modelos de prueba

Si bien las especificaciones que se someten a prueba empírica son semejantes, vale la pena mencionar de manera explícita las variables que se emplearon y, en su caso, cómo se construyeron, facilitando así al lector su identificación en los modelos.

Para obtener la variable rendimiento de cada acción en el periodo t , se aplicó la siguiente fórmula:

$$r_{it} = \ln(p_t/p_{t-1}),$$

donde

\ln = logaritmo natural

p_t = precio de cierre de la acción en el día final del mes t

p_{t-1} = precio de cierre de la acción en el día final del mes $t-1$;

y como indicador del rendimiento libre de riesgo se tomó el rendimiento mensual correspondiente a la tasa de Cetes a 28 días,

$$r_{rt} = \left(\frac{\text{CETES}_t - \text{CETES}_{t-1}}{\text{CETES}_{t-1}} \right) \frac{30}{360},$$

A partir de su combinación se obtuvo

$$r_{it} - r_{rt}$$

que es la variable rendimiento excesivo durante el mes t para la acción i .⁴⁷

La variable rendimiento del mercado (RMV) para el periodo t , se obtuvo comparando los niveles del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores en periodos sucesivos, es decir

$$\text{RMV}_t = \left[\frac{\text{IPC}_t}{\text{IPC}_{t-1}} - 1 \right] \times 100$$

Y de manera similar a como se calculó el rendimiento excesivo de la acción i se obtuvo también el rendimiento excesivo del mercado que se denota como PRMV (prima por riesgo en el mercado de valores), esto es,

$$\text{PRMV} = \text{RMV}_t - r_{rt}$$

⁴⁷ Los rendimientos excesivos para cada acción, así como la tasa de Cetes y el IPC, todos ellos en forma mensual, pueden consultarse en el apéndice final.

4.2.1.1 Prueba de dos fases

Esta prueba consiste en una regresión en dos fases y tiene como objetivo general establecer la validez empírica de los supuestos sobre la relación entre los rendimientos de los activos financieros y los rendimientos del mercado, así como sobre la existencia de una prima por riesgo de acuerdo con dicha relación.

La primera fase tiene como objetivo particular estimar las betas o coeficientes de volatilidad de los activos mediante la línea característica del activo, derivada de que el CAPM supone que existe una relación lineal entre los rendimientos de los activos financieros y los rendimientos que proporciona el portafolios del mercado (medidos por algún indicador). Por lo anterior, se debe realizar un análisis de regresión de los rendimientos de la acción i ordenados como una serie de tiempo y que supuestamente se explican por su relación con los rendimientos que proporciona el mercado, formalmente entonces de acuerdo con la notación que se ha decidido utilizar tenemos

$$r_{it} = \alpha + \beta_i \text{RMV} + u_{it}$$

donde

r_{it}	=	rendimiento del activo i durante el periodo t
α	=	constante de intercepción
β_i	=	beta del activo i (coeficiente de su volatilidad en el mercado)
RMV	=	rendimiento del portafolios del mercado (medido por el IPC)
u_{it}	=	término de error o de perturbación estocástica

Durante la segunda fase se pretende encontrar una estimación de la tasa libre de riesgo y de la prima que paga el mercado por el riesgo con base en la información generada durante la primera fase. Se lleva a cabo entonces una regresión de sección cruzada tomando como variable a explicar (regresando) el rendimiento medio de los activos y como variable explicativa (regresor) a las betas individuales estimadas durante la primera fase de la regresión. Ahora el modelo se puede representar como:

$$\text{Rm}_i = \gamma_1 + \gamma_2 \beta_i + u_i$$

donde

Rm_i	=	rendimiento medio del activo i
γ_1	=	estimación de la tasa libre de riesgo
γ_2	=	estimación de la prima por riesgo en el mercado de valores
β_i	=	betas estimadas en la primera fase de la regresión
u_i	=	término de error o de perturbación estocástica

4.2.1.2 Especificación del modelo de mercado

El modelo de mercado se presenta en la forma de rendimientos excesivos, es decir, se busca probar la relación entre el rendimiento excesivo del activo *i*ésimo ($r_{it} - r_{ft}$) y el rendimiento en exceso del mercado ($r_{mt} - r_{ft}$), y para tomar en cuenta el término de error o de perturbación estocástica, u_{it} , atribuible a las diferencias entre las observaciones y el resultado de la estimación debido a la ausencia de variables no incluidas en la especificación, así como una constante de intercepción, α , o término constante, suponiendo que exista una $(r_{it} - r_{ft}) = f(\alpha, \beta_i, (r_{mt} - r_{ft}), u_{it})$ de carácter lineal, tenemos entonces que para datos ordenados en series de tiempo

$$\begin{aligned} r_{it} - r_{ft} &= \alpha + \beta_i (r_{mt} - r_{ft}) + u_{it} \\ E(u) &= 0 \\ \text{Var}(u) &= \sigma^2 \\ \text{Cov}(u_{it}, u_{it-1}) &= 0 \end{aligned}$$

donde:

$r_{it} - r_{ft}$	=	rendimiento excesivo del activo <i>i</i> ésimo en el periodo <i>t</i> ,
α	=	término constante (intercepto),
β_i	=	beta del activo <i>i</i> ésimo,
r_{mt}	=	rendimiento del mercado en el periodo <i>t</i> ,
r_{ft}	=	tasa libre de riesgo en el periodo <i>t</i> ,
u_{it}	=	término de error o de perturbación estocástica,

De acuerdo con el fundamento teórico, el valor del término constante (intercepto) debe ser estadísticamente no significativo, $\alpha = 0$, y la beta del activo, β_i , o coeficiente de la prima de riesgo ($r_{mt} - r_{ft}$) sí debe ser significativo (estadísticamente diferente de cero) pudiendo tener signo positivo o negativo, dependiendo del sentido de la covariación entre los rendimientos del activo individual y del mercado.

Un hecho importante a destacar es que a pesar de que se espera el valor del coeficiente α no sea estadísticamente diferente a 0, podría encontrarse significancia en su valor, hecho que en la práctica se reconoce como la posibilidad de que la acción que muestra dicho comportamiento ofrezca un rendimiento excesivo, no normal desde el punto de vista de una explicación de condiciones de equilibrio como lo propone el CAMP.

Es decir, si α es diferente de cero, desde la perspectiva del CAMP podría significar que el activo en cuestión no se encuentra justamente valorado, lo que al aplicar nuestra especificación resultaría en un α estadísticamente significativo y con signo positivo o negativo, según se encuentre el activo sobre o sub valorado. Es necesario destacar que esta situación no conduce por sí misma a desechar necesariamente la hipótesis de que el CAMP contribuye a la explicación de los rendimientos excesivos que pueden considerarse como normales dado que son función del riesgo.

Independientemente de la significancia estadística de los valores que se encuentren para las α de las ecuaciones correspondientes a cada acción, una situación que pondría en tela de juicio la viabilidad del CAPM sería el hecho de no encontrar relación del coeficiente paramétrico β_i con el rendimiento en exceso de las acciones estudiadas.

4.2.2 Estimaciones

En 4.2.2.1 y 4.2.2.2 se presentan de manera resumida los resultados de las aplicaciones correspondientes a la prueba de dos fases y al modelo del mercado. Asimismo, se destaca la interpretación relevante para efectos de juzgar la pertinencia del *Capital Assets Pricing Model*.

4.2.2.1 Prueba de dos fases

Como se ha señalado, en la primera de las fases se efectúa la regresión de los rendimientos de cada una de las acciones de la muestra contra el rendimiento del mercado de valores, tal como se ha definido con anterioridad, es decir

$$r_{Rt} = \alpha + \beta_i RMV + u_{Rt}$$

Los resultados de las 22 estimaciones realizadas durante la primera fase de la regresión se presentan en la tabla 4.1.

Debe destacarse que el coeficiente estimado (supuestamente la beta del activo) para el rendimiento del mercado de valores (RMV) de las acciones Kimber A y Kimber B no se comportó como sería de esperarse en el contexto de la teoría del CAPM. En la primera resultó significativo al 5% pero no al 1%, mientras que en el segundo caso no es estadísticamente diferente de cero. En cuanto al comportamiento del coeficiente de intercepción, se encontró que los correspondientes a Gfb A y a Ica son significativos, aunque únicamente al 10%.

Mientras que la significancia del coeficiente de intercepción y el grado de significancia del caso de Kimber A no representan mayor problema, pues a pesar de ello se obtiene una estimación de la beta (que es precisamente el objetivo en esta fase de la regresión), el caso de Kimber B sí podría representar un problema puesto que si la beta es cero significa que dicho activo no está correlacionado con el rendimiento del mercado.

Activo	Beta (β)	Rendimiento Medio ⁴⁸
Bimbo	0.515851	1.47034
Cemex B	0.915117	-2.347945
Cemex Cpo	1.024991	-2.515879
Cifra V	0.89665	-0.297208
Cydsasa	0.799895	-0.269548
Gcc B	1.323624	0.485292
Gfb A	1.666454	-1.327787
Gfnorte B	1.410121	-0.973947
Gigante B	0.973381	0.358151
Ica	1.064533	-4.413034
Kimber A	0.556647	-1.64064
Kimber B	0.161978	-1.338036
Kof L	1.073607	2.190675
Maseca	1.120363	0.545057
Moderna	0.54201	1.329706
Peñoles	0.509388	2.067384
Tamsa	0.904893	1.971442
Televisa Cpo	1.19246	0.221674
Telmex A	0.73849	1.299639
Telmex L	0.840051	1.289779
Ttolmex	0.959855	1.289779
Vitro	0.899821	-0.822019

Tabla 4.1 *Resultados de la primera fase de la regresión*

En la realización de la segunda fase, la regresión en sección cruzada, se aplica la ecuación $Rm_i = \gamma_1 + \gamma_2\beta_i + u_i$ a los datos de la tabla 4.1, siendo el rendimiento medio la variable a explicar (Rm_i) y la variable explicativa es ahora β_i que se estimó en la primera fase de la regresión. De este procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados:

$$Rm_i = 0.799932 - 0.947012\beta_i$$

$$(0.73426) \quad (-0.84352)$$

$$(0.4713) \quad (0.4089)$$

$$R^2 = 0.034354$$

Los números entre paréntesis del renglón inmediatamente debajo de la ecuación estimada corresponden al estadístico de prueba t, los del segundo renglón, también entre paréntesis, al valor de probabilidad que determina el nivel exacto de significancia alcanzado en dicha prueba por los coeficientes paramétricos estimados. Por último, se reporta también el coeficiente de determinación R^2 .

⁴⁸ Es el promedio de los rendimientos mensuales de la acción correspondiente

En relación con la prueba t se encuentra que ninguno de los coeficientes es significativo, es decir, en términos estadísticos no son diferentes de cero al 1% como tampoco al 5% de confianza. La interpretación que se sigue de lo anterior es que a pesar de que aparentemente existe una relación entre la sensibilidad de los activos a los movimientos del mercado, como lo demuestran los resultados de la primera fase de la regresión, no existe una prima por riesgo ni una tasa libre de riesgo.

Este resultado es contradictorio con lo que en esencia plantea el CAPM, permitiendo que se establezca razonablemente la duda en relación con la capacidad de la beta para explicar la generación de los rendimientos accionarios.

Sin embargo, esta situación planteado pudiera ser consecuencia directa del problema presentado con el valor 0 de la beta estimada para el caso de Kimber B, por tal motivo se estimó nuevamente la ecuación de la segunda fase eliminándola de la ecuación. Los resultados son los siguientes:

$$R_{m_i} = 1.362361 - 1.513878\beta_i$$

$$(1.053234) \quad (-1.166862)$$

$$(0.3062) \quad (0.2585)$$

$$R^2 = 0.070323,$$

en los que puede observarse una ligera mejoría en la significancia estadística de los coeficientes paramétricos estimados, así como en el ajuste del modelo, pero en esencia su interpretación se mantiene y, por lo tanto, también el cuestionamiento a los supuestos en que se basa la prueba, como antes de eliminar a Kimber B.

4.2.2.2 Modelo de mercado

Se presentan las ecuaciones estimadas para las especificaciones correspondientes respectivamente a la prueba del modelo del mercado que, como se ha mencionado, corresponde a la regresión $r_{it} - r_{ft} = \alpha + \beta_i (r_{mt} - r_{ft}) + u_{it}$, donde la diferencia del rendimiento de la acción i y del rendimiento del activo libre de riesgo es la variable dependiente, mientras que la variable independiente es la diferencia entre el rendimiento del mercado de valores, en este caso medido por el rendimiento del IPC, y el rendimiento del activo libre de riesgo. Es decir, se trata de la versión del CAPM en la forma de rendimientos excesivos.

Los números entre paréntesis que aparecen inmediatamente debajo de cada parámetro estimado corresponden al valor de la prueba t, llevada a cabo para determinar su significancia estadística. Los números entre paréntesis del siguiente renglón se refieren al valor de probabilidad de dicho parámetro y muestran la significancia estadística exacta alcanzada en la prueba. En el último renglón se anotan los valores correspondientes al coeficiente de determinación (R^2), el valor alcanzado en la prueba

de significancia conjunta de los parámetros (F) y el valor del estadístico Durbin-Watson (DW)⁴⁹ para detectar la presencia de autocorrelación.

$$\begin{aligned} \text{REXBIMBO} &= -0.2483089228 + 0.5122073429 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.225586) \quad (4.423597) \\ &\quad (0.8223) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.255566 \quad F = 19.56821 \quad DW = 2.591584 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXCEMEX B} &= -3.61053282 + 0.8927787297 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.615741) \quad (3.797993) \\ &\quad (0.1117) \quad (0.0004) \\ R^2 &= 0.201957 \quad F = 14.42475 \quad DW = 1.905698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXCEMEX_CPO} &= -3.641746816 + 1.006867377 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.652445) \quad (4.34311) \\ &\quad (0.1039) \quad (0.0001) \\ R^2 &= 0.248642 \quad F = 18.86261 \quad DW = 1.916505 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXCIFRA V} &= -1.552678536 + 0.8987177739 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.4679) \quad (8.076969) \\ &\quad (0.1476) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.533694 \quad F = 65.23743 \quad DW = 2.121985 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXCYSASA A} &= -1.697994776 + 0.7543732286 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.097033) \quad (4.633185) \\ &\quad (0.2772) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.273574 \quad F = 21.4664 \quad DW = 1.359814 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXGCC B} &= -0.2381406429 + 1.342688988 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.188959) \quad (10.12788) \\ &\quad (0.8508) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.642799 \quad F = 102.574 \quad DW = 2.036994 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXGFB A} &= -1.649298362 + 1.678081637 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.941199) \quad (9.103435) \\ &\quad (0.3506) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.592486 \quad F = 82.87252 \quad DW = 2.303138 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXGFNORTE B} &= -1.598737693 + 1.425003147 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.937966) \quad (7.947594) \\ &\quad (0.3522) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.525649 \quad F = 63.16426 \quad DW = 1.937048 \end{aligned}$$

⁴⁹ La autocorrelación o dependencia temporal entre los términos de error es un problema típico de datos ordenados en series temporales. La presencia de autocorrelación ocasiona que los coeficientes estimados mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios no sean los de mínima varianza y, por tanto, no sean ya los mejores estimadores lineales insesgados.

$$\begin{aligned} \text{REXGIGANTE B} &= -0.7979940403 + 0.9816020584 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.509474) \quad (5.95755) \\ &\quad (0.6124) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.383733 \quad F = 35.4924 \quad DW = 2.494082 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXICA} &= -5.517047291 + 1.025104821 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.67205) \quad (2.95339) \\ &\quad (0.1000) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.132717 \quad F = 8.722511 \quad DW = 2.04702 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXKIMBER A} &= -2.862292254 + 0.5292480836 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.368245) \quad (2.405022) \\ &\quad (0.1766) \quad (0.0194) \\ R^2 &= 0.092127 \quad F = 5.784131 \quad DW = 2.056537 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXKIMBER B} &= -3.558595959 + 0.09337597359 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.263344) \quad (0.315129) \\ &\quad (0.2116) \quad (0.7538) \\ R^2 &= 0.001739 \quad F = 0.099306 \quad DW = 1.971149 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXKOF L} &= 1.159754467 + 1.086098727 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (0.939051) \quad (8.359925) \\ &\quad (0.3517) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.550786 \quad F = 69.88835 \quad DW = 2.200542 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXMASECA} &= -0.4541156036 + 1.112591462 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.37541) \quad (8.743492) \\ &\quad (0.7087) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.572869 \quad F = 76.44864 \quad DW = 2.091184 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXMODERNA} &= -0.3717382275 + 0.5265638834 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.376242) \quad (5.066307) \\ &\quad (0.7081) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.310491 \quad F = 25.66747 \quad DW = 1.91998 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXPENOLES} &= 0.3144265086 + 0.4835775363 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (0.278118) \quad (4.06618) \\ &\quad (0.7819) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.224846 \quad F = 16.53382 \quad DW = 2.15574 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXTAMSA} &= 0.6819849762 + 0.8703566606 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (0.384857) \quad (4.669084) \\ &\quad (0.7018) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.276653 \quad F = 21.80034 \quad DW = 2.28113 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXTELEVISA CPO} &= -0.6623109922 + 1.208712151 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.559022) \quad (9.698394) \\ &\quad (0.5783) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.622664 \quad F = 94.05885 \quad DW = 2.151068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXTELMEX A} &= -0.1438995826 + 0.7417794481 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.221679) \quad (10.86303) \\ &\quad (0.8254) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.674296 \quad F = 118.0053 \quad DW = 1.731382 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXTELMEX L} &= -0.02776108826 + 0.8469218845 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.40831) \quad (11.8416) \\ &\quad (0.9676) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.710988 \quad F = 140.2236 \quad DW = 1.756909 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXTTOLMEX} &= -0.604756529 + 0.9658276584 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-0.368969) \quad (5.601696) \\ &\quad (0.7135) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.35505 \quad F = 31.379 \quad DW = 1.472565 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REXVITRO} &= -2.052431061 + 0.919628476 \cdot \text{PRMV} \\ &\quad (-1.555249) \quad (6.624512) \\ &\quad (0.1254) \quad (0.0000) \\ R^2 &= 0.434996 \quad F = 43.88415 \quad DW = 2.041145 \end{aligned}$$

En relación con estos resultados es de destacarse que, como se esperaba de acuerdo con la teoría, en casi todas las ecuaciones resultaron significativas las estimaciones del coeficiente que relaciona la prima por el riesgo en el mercado de valores (PRMV) con los rendimientos en exceso de cada uno de los activos bajo estudio. Las excepciones son las acciones Kimber A y Kimber B, observándose que en la primera acción el valor de la prueba t para el coeficiente de PRMV no resultó significativo al 1% pero sí al 5%, mientras que en el segundo caso, otra vez, no fue significativo ni al 1% ni al 5% ni al 10%, por tanto, estadísticamente es igual a cero. También debe notarse que la prueba t permite aceptar la hipótesis nula en relación con el coeficiente de intercepción, $\alpha=0$, como también se esperaba, aunque debe mencionarse que en el caso del rendimiento excesivo de ICA el valor de dicho estadístico de prueba resultó significativo exactamente al 10%.

Es necesario señalar que el ajuste de las ecuaciones estimadas no es siempre satisfactorio pues en 14 de las ecuaciones estimadas el valor de la R^2 es inferior a .5, es decir, en esas ecuaciones la prima por riesgo en el mercado de valores (PRMV) o rendimiento en exceso del mercado explica menos del 50% del rendimiento excesivo de la acción o prima que se supone paga la acción en función de su nivel de riesgo del mercado; aún más, en el caso de la acción de Kimber B el valor de la R^2 es inferior a .01, es decir, PRMV no explica ni siquiera el 1% de su rendimiento excesivo. No obstante, en la mayor parte de las ecuaciones la prueba del estadístico de Durbin

Watson permite rechazar la hipótesis nula de autocorrelación en los términos de error, salvo en el caso de la acción de Bimbo en que el valor calculado para dicho estadístico se ubica en la región de indeterminación y en el caso de Cydsasa en que se observa una ligera autocorrelación positiva. En esencia estos resultados pueden utilizarse como argumento a favor de que la CAPM sí es correcta, quedando pendiente de determinar cuál es la verdadera beta del activo. Para calcular la beta es conveniente recordar que para el activo i se ha definido como $\beta_i = \text{cov}(r_i, r_m) / \sigma^2_M$, a su vez la covarianza de los rendimientos del activo i con los rendimientos del mercado, $\text{cov}(r_i, r_m)$, puede definirse como $\text{cov}_{i,m} = \rho_{i,m} \sigma_i \sigma_m$ donde

- $\rho_{i,m}$ = coeficiente de correlación entre los rendimientos del activo i y los rendimientos del mercado
 σ_i = desviación estándar de los rendimientos del activo i
 σ_m = desviación estándar de los rendimientos del mercado.

Entonces podemos valernos de que el coeficiente de correlación es igual a la raíz cuadrada del coeficiente de determinación y encontrar una estimación para la beta con base en los resultados de la estimación del modelo del mercado. En la tabla 4.2 se presentan las betas estimadas.

ACCIÓN	R^2	$\rho_{i,m}$	σ_i	σ_m	$\text{Cov}(i,M)$ $\rho_{i,m} \sigma_i \sigma_m$	β_i $\text{Cov}(i,M) / \sigma^2_M$
BIMBO	0.255566	0.50553536	9.678904	9.75051	47.70952055	0.5018228
CEMEX B	0.201957	0.44939626	19.10248	9.75051	83.70406337	0.88042401
CEMEX CPO	0.248642	0.49864015	19.41577	9.75051	94.39939174	0.99292063
CIFRA V	0.533694	0.73054363	11.84026	9.75051	84.34022036	0.8871153
CYDSASA A	0.273574	0.52304302	14.11325	9.75051	71.97667443	0.75707188
GCC B	0.642799	0.80174747	16.0581	9.75051	125.5333407	1.32039668
GFB A	0.592486	0.76973112	20.94299	9.75051	157.1828155	1.65329518
GFNORTE B	0.525649	0.72501655	20.94299	9.75051	148.0518841	1.55725336
GIGANTE B	0.383733	0.61946186	15.1668	9.75051	91.60851991	0.96356541
ICA	0.132717	0.36430344	26.99327	9.75051	95.88399241	1.00853609
KIMBER A	0.092127	0.3035243	16.74912	9.75051	49.56930054	0.52138451
KIMBER B	0.001739	0.04170132	21.51358	9.75051	8.747617988	0.09201002
KOF L	0.550786	0.74214958	14.02763	9.75051	101.5086567	1.06769797
MASECA	0.572869	0.7568811	14.23381	9.75051	105.0451867	1.10489624
MODERNA	0.310491	0.55721719	9.183442	9.75051	49.7863715	0.52386773
PEÑOLES	0.224846	0.47417929	9.942046	9.75051	45.96604945	0.48349392
TAMSA	0.276653	0.52597814	16.05274	9.75051	82.32738126	0.86594345
TELEVISA CPO	0.622664	0.78909062	14.73073	9.75051	113.3367681	1.19213055
TELMEX A	0.674296	0.82115528	8.884899	9.75051	69.53563015	0.73139625
TELMEX L	0.710988	0.84320104	9.651738	9.75051	79.35311722	0.83465948
TTOLMEX	0.35505	0.59586072	15.51895	9.75051	90.16428036	0.94837427
VITRO	0.434996	0.65954227	13.26589	9.75051	85.31125986	0.89732898

Tabla 4.2 Cálculo de betas

4.3 Análisis de la APT

A pesar del atractivo derivado de la libertad para seleccionar posibles variables que ofrece la formulación teórica de Ross, la selección de variables clave no resulta sencilla en la práctica. Para llevar a cabo esta investigación se utilizó como criterio para determinar los posibles factores que entran en juego en el proceso de generación de los rendimientos una característica esencial que, hipotéticamente, deben poseer tales factores: influencia directa en la tasa que aplica el inversionista para descontar los flujos de efectivo esperados.

Como consecuencia de lo anterior, siguiendo una prueba empírica realizada por Chen, Roll y Ross⁵⁰, se construyeron tres variables: cambio en la inflación esperada (CIES) para el mes, inflación no esperada (INES) durante el mes y el cambio mensual en la producción industrial (CMPI).

Además, se construyeron las variables denominadas cambio mensual en el costo del dinero (CMCD), cambio en la cotización del dólar oficial durante el mes (CMCOD) y se consideró el rendimiento del mercado bursátil (RMV), utilizada también en las pruebas del CAPM.

La decisión para utilizar en el modelo estas variables se basa en que las variables CIES e INES representan los efectos de la inflación que en nuestro país ha sido uno de los principales padecimientos que se han sufrido a nivel macroeconómico durante las últimas décadas y, quizá por coincidencia, el proceso inflacionario ha estado presente prácticamente desde que se da lo que se conoce como el periodo de institucionalización del mercado de valores iniciado como consecuencia de la promulgación de la Ley del Mercado de Valores y vigente a partir de la segunda mitad de la década de los setenta.

También ha sido importante en nuestro país el costo del dinero, que se encuentra naturalmente relacionado con la inflación pero que al mismo tiempo está influido por la política monetaria y sus efectos se sienten en la inversión. Por tal motivo se incluye en el análisis la variable cambio mensual en el costo del dinero (CMCD). Algo semejante se puede decir de la importancia del tipo de cambio, por lo que también se incluye la variable cambio mensual en su cotización oficial (CMCOD). Como todos sabemos, ambas variables también reflejaron los efectos de la crisis reciente.

Se incluye también la variable cambio mensual en la producción industrial (CMPI) como representativa del llamado sector real de la economía porque se considera que es ineludible tomar en cuenta la marcha de la actividad económica.

Una alternativa a la medición del efecto derivado del desempeño productivo del país hubiera sido la utilización del PIB, sin embargo no se optó por usar dicho indicador debido a que se reporta trimestralmente y entonces se hubiera tenido que imponer una manipulación adicional a los datos para obtener el cambio mensual acorde con la

⁵⁰ Chen Nai-Fu, Richard Roll y Stephen Ross: "Economic Forces and the Stock Market", *Journal of Business*, 1986, 59, citado por Bodie, Kane y Marcus, *op. cit.*, pp 331-333

frecuencia de nuestras observaciones. De adoptar el PIB se podría haber enfrentado el problema de error en variables, como ha sucedido en diversos estudios empíricos sobre el APT en otros países, dificultando así la estimación de los efectos de la actividad industrial.

Por último, cabe mencionar también que parte del horizonte temporal bajo estudio corresponde precisamente a la severa crisis que se presentó en nuestro país a partir de diciembre de 1994 y cuyos efectos se resintieron en el mercado de valores ocasionando que los años de 1995 y 1996 arrojasen pérdidas para gran parte de los inversionistas, iniciando su recuperación en 1997. Se pretende recoger los efectos del desempeño bursátil correspondiente al periodo al incluir la variable rendimiento del mercado de valores (RMV).

A continuación se presenta la construcción de dichas variables.⁵¹

$$CIES_t = \left[\frac{\text{rendimiento mensual de CETES}_t}{\text{rendimiento mensual de CETES}_{t-1}} - 1 \right] \times 100$$

$$INES_t = \left[\frac{INPC_t}{INPC_{t-1}} - 1 \right] \times 100 - CIES_t$$

$$CMCD_t = \left[\frac{CPP_t}{CPP_{t-1}} - 1 \right] \times 100$$

$$CMCOD_t = \left[\frac{\text{Tipo de cambio del dólar}_t}{\text{Tipo de cambio del dólar}_{t-1}} - 1 \right] \times 100$$

$$CMPI_t = \left[\frac{\text{Índice de volumen de la producción industrial}_t}{\text{Índice de volumen de la producción industrial}_{t-1}} - 1 \right] \times 100$$

4.3.1 Especificación del modelo de prueba

Partiendo de la hipótesis de que el rendimiento en exceso o rendimiento que se obtiene de la posesión de una acción debido al riesgo asumido se explique mediante el efecto que sobre dicho rendimiento tiene la acción de los factores de carácter económico que

⁵¹ Los datos de las variables con que se obtienen las variables que construimos (proxies) se pueden encontrar en el apéndice final.

se encuentran implícitos en las variables que se han construido para efectuar el análisis, se postula entonces que

$$r_k - r_{ft} = \beta_0 + \beta_1 \text{CIES}_t + \beta_2 \text{INES}_t + \beta_3 \text{CMCD}_t + \beta_4 \text{CMCOD}_t + \beta_5 \text{CMPI}_t + \beta_6 \text{RMV}_t + u_k$$

$$E(u) = 0$$

$$\text{Var}(u) = \sigma^2$$

$$\text{Cov}(u_k, u_{k-1}) = 0$$

donde:

$r_k - r_{ft}$	=	rendimiento excesivo del activo iésimo en el periodo t,
β_0	=	término constante (intercepto),
$\beta_{i=1,2,\dots,6}$	=	coeficiente del factor iésimo,
u_k	=	término de error o de perturbación estocástica,

y

$$H_0: \beta_0 = \beta_{\text{CIES}} = \beta_{\text{INES}} = \beta_{\text{CMCD}} = \beta_{\text{CMCOD}} = \beta_{\text{CMPI}} = \beta_{\text{RMV}} = 0$$

$$H_a: \beta_0 \neq \beta_{\text{CIES}} \neq \beta_{\text{INES}} \neq \beta_{\text{CMCD}} \neq \beta_{\text{CMCOD}} \neq \beta_{\text{CMPI}} \neq \beta_{\text{RMV}} \neq 0$$

Suponiendo que este modelo lineal expresa adecuadamente la relación entre el rendimiento excesivo de una acción y los factores económicos que, según se postula, afectan a tal rendimiento, se espera que existan coeficientes que sean significativos desde el punto de vista estadístico. Los coeficientes que resulten significativos indican la sensibilidad del rendimiento excesivo del activo iésimo a los cambios en los factores económicos que hipotéticamente deben influir en dicho rendimiento (prima de riesgo).

En relación con los signos de los parámetros estimados es de esperarse que se presenten tanto signos positivos como negativos, dependiendo de los efectos que las variables correspondientes a dichos parámetros tengan sobre la marcha de las empresas emisoras y, como consecuencia, en los rendimientos que ofrece la tenencia de sus acciones.

Además, es importante destacar que es de esperarse que las acciones observen diferentes comportamientos en relación con la significancia de los parámetros estudiados. Principalmente debido a que al estudiar las acciones de manera individual resulta evidente que no se ha eliminado el riesgo no sistemático pues no existe diversificación como en el caso de un portafolios. Por tanto, la información recoge también el efecto del riesgo sistemático o único que se deriva de las condiciones particulares de cada empresa emisora e, incluso, de características también particulares de cada uno de los instrumentos analizados.

A su vez, los comportamientos diferenciados pueden implicar, en primer lugar, que no todos los coeficientes paramétricos resulten significativos para todas las acciones estudiadas. Además, es muy probable que aparezcan como explicativos diferentes factores para acciones diferentes, es decir, se puede dar el caso de que dos acciones no respondan a un mismo factor.

Por último, también es probable que los valores del coeficiente de determinación, R^2 , no resulten del todo satisfactorios ya que la especificación propuesta no comprende otros factores que tienen que ver con la explicación del riesgo, tanto sistemático como no sistemático. Es decir, podríamos encontrar en el caso de relaciones un tanto débiles entre el modelo propuesto y la realidad observada.

A pesar de estas limitaciones, es importante destacar que de encontrar empíricamente entre los factores propuestos algunos relevantes para la explicación del rendimiento excesivo estaríamos ante la posibilidad de confirmar positivamente la consistencia de la teoría de fijación de precios por arbitraje en los términos en que Ross la formula, aunque con quizá sea una prueba relativamente débil.

4.3.2 Estimaciones

En este apartado se presentan los resultados de aplicar el modelo

$$r_{it} - r_{ft} = \beta_0 + \beta_1 \text{CIES}_t + \beta_2 \text{INES}_t + \beta_3 \text{CMCD}_t + \beta_4 \text{CMCOD}_t + \beta_5 \text{CMP}_t + \beta_6 \text{RMV}_t + u_{it}$$

a los datos de nuestra muestra.

La representación de las ecuaciones estimadas sigue la misma tónica que en el caso del modelo del mercado del CAPM presentado en un apartado anterior, teniendo como cambio natural la inclusión de más de una variable explicativa en la mayoría de las ecuaciones y, como consecuencia de ello, que los valores del estadístico t y el valor de la probabilidad (significancia de cada coeficiente) se presenten de manera un poco diferente a las ecuaciones del CAPM, apareciendo desglosados debajo de la ecuación.

También es necesario señalar que cuando alguna de las variables independientes (regresores) no aparece quiere decir que su valor no resultó significativo (desde el punto de vista estadístico es igual a cero) y, por lo tanto, se ha retirado de la ecuación, reformulándola únicamente con los valores que sí tienen significancia.

$$\text{REXBIMBO} = -1.183634663 * \text{CIES} - 1.182550728 * \text{INES} + 0.3534803859 * \text{CMCOD} + 0.4865020872 * \text{RMV}$$

CIES	INES	CMCOD	RMV
(-2.41067)	(-2.368656)	(2.65224)	(4.457887)
(0.0193)	(0.0214)	(0.00104)	(0.0000)
$R^2 = 0.343252$		$DW = 2.355336$	

$$\text{REXCEMEX} = -10.09689012 + 3.193866154 * \text{CIES} + 2.9466479 * \text{INES} - 0.6997555191 * \text{CMCD} + 0.9194755136 * \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	RMV
(-2.833646)	(1.85148)	(1.768304)	(-2.338066)	(4.173966)
(0.0065)	(0.0696)	(0.0827)	(0.0231)	(0.0001)
$R^2 = 0.330186$		$F = 6.654852$		$DW = 2.061645$

$$\text{REXCEMEX CPO} = -10.59123776 + 3.338083615 \cdot \text{CIES} + 3.04617811 \cdot \text{INES} - 0.7542755923 \cdot \text{CMCD} + 1.035943178 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	RMV
(-3.033474)	(1.974855)	(1.974855)	(-2.57203)	(4.799326)
(0.0037)	(0.0534)	(0.0675)	(0.0129)	(0.0000)
$R^2 = 0.377498$	$F=8.602736$		$DW = 2.023273$	

$$\text{REXCIFRA V} = -3.207768427 - 0.1860566674 \cdot \text{INES} - 0.3048433323 \cdot \text{CMCD} + 0.9125198153 \cdot \text{RMV}$$

β_0	INES	CMCD	RMV
(-3.27257)	(-1.993364)	(-2.287879)	(8.358971)
(0.0038)	(0.0512)	(0.0260)	(0.0000)
$R^2 = 0.561679$	$F=23.49291$		$DW = 1.96257$

$$\text{REXCYSASA} = -7.470251865 + 2.285929267 \cdot \text{CIES} + 2.553062575 \cdot \text{INES} + 0.4333081888 \cdot \text{CMCD} - 0.333847955 \cdot \text{CMCOD} + 0.6778662223 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	CMCOD	RMV
(-3.261868)	(2.04602)	(2.364172)	(2.253)	(-1.949003)	(4.782919)
(0.0019)	(0.0457)	(0.0218)	(0.0284)	(0.0566)	(0.0000)
$R^2 = 0.485274$	$F=9.993488$		$DW = 1.718061$		

$$\text{REXGCC B} = -1.613988356 \cdot \text{CIES} - 1.628406544 \cdot \text{INES} + 1.317587301 \cdot \text{RMV}$$

CIES	INES	RMV
(-2.776587)	(-2.75563)	(9.871343)
(0.0075)	(0.0079)	(0.0000)
$R^2 = 0.632944$		$DW = 2.046684$

$$\text{REXGFB A} = -5.514595203 + 1.635089333 \cdot \text{RMV}$$

β_0	RMV
(-3.145567)	(9.078416)
(0.0026)	(0.0000)
$R^2 = 0.591156$	$F=82.41764$
	$DW = 2.256931$

$$\text{REXGFNORTE B} = -4.333576049 - 0.2285098406 \cdot \text{CMCD} + 1.403959898 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CMCD	RMV
(-2.595591)	(-2.342517)	(8.246761)
(0.0120)	(0.0227)	(0.0000)
$R^2 = 0.560231$	$F=35.66981$	$DW = 2.148272$

$$\text{REXGIGANTE B} = -3.042645254 + 0.9420164087 \cdot \text{RMV}$$

β_0	RMV
(-1.925669)	(5.803529)
(0.0591)	(0.0000)
$R^2 = 0.371041$	$F=33.67781$
	$DW = 2.449614$

$$\text{REXICA} = -16.2023488 + 5.908654011 \cdot \text{CIES} + 5.245465382 \cdot \text{INES} - 1.391177607 \cdot \text{CMCD} + 1.124972715 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	RMV
(-3.162797)	(2.382464)	(2.382464)	(-3.233169)	(30552108)
(0.0026)	(0.0207)	(0.0329)	(0.0021)	(0.0000)

$R^2 = 0.309916$ $F = 6.062825$ $DW = 2.181441$

$$\text{REXKIMBER A} = -4.092243012 + 0.5252819605 \cdot \text{RMV}$$

β_0	RMV
(-1.962001)	(2.451396)
(0.0547)	(0.0173)

$R^2 = 0.095372$ $F = 6.009344$ $DW = 2.068435$

$$\text{REXKIMBER B} = -11.31428996 + 5.19715003 \cdot \text{CIES} + 4.774017364 \cdot \text{INES} - 0.9390985384 \cdot \text{CMCD}$$

β_0	CIES	INES	CMCD
(-2.520506)	(2.395329)	(2.280852)	(2.280852)
(0.0146)	(0.0200)	(0.0265)	(0.0148)

$R^2 = 0.147627$ $F = 3.175236$ $DW = 2.123159$

$$\text{REXKOFI} = -0.2221231564 \cdot \text{INES} - 0.2962286652 \cdot \text{CMCD} + 1.079178826 \cdot \text{RMV}$$

INES	CMCD	RMV
(-2.02041)	(-1.900944)	(8.367258)
(0.0481)	(0.0625)	(0.0000)

$R^2 = 0.556715$ $DW = 2.108061$

$$\text{REXMASECA} = -3.166959017 - 0.0860587044 \cdot \text{INES} + 1.095294372 \cdot \text{RMV}$$

β	INES	RMV
(-2.675078)	(-1.76352)	(9.023258)
(0.0098)	(0.0833)	(0.0000)

$R^2 = 0.599042$ $F = 41.83276$ $DW = 2.029174$

$$\text{REXMODERNA} = 0.4917106766 \cdot \text{RMV}$$

RMV
(4.806351)
(0.0000)

$R^2 = 0.275788$ $DW = 1.839705$

$$\text{REXPEÑÓLES} = -0.2134408478 \cdot \text{INES} - 0.2329042666 \cdot \text{CMCD} + 0.5119189668 \cdot \text{RMV}$$

INES	CMCD	RMV
(-2.200198)	(-1.693785)	(4.498104)
(0.0319)	(0.0959)	(0.0000)

$R^2 = 0.289253$ $DW = 2.017100$

$$\text{REXTAMSA} = 0.8573488715 * \text{RMV}$$

RMV

(4.818151)

(0.0000)

$$R^2 = 0.28546 \quad DW = 2.312829$$

$$\text{REXTELEVISA CPO} = -1.724760604 * \text{CIES} - 1.69921041 * \text{INES} - 0.50423624 * \text{CMPI} + 1.207625963 * \text{RMV}$$

CIES	INES	CMPI	RMV
(-3.267872)	(-3.16761)	(-1.705323)	(9.949211)
(0.0019)	(0.0025)	(0.0938)	(0.0000)

$$R^2 = 0.645646 \quad DW = 2.047218$$

$$\text{REXTELMEX A} = -1.252030768 * \text{CIES} - 1.319805881 * \text{INES} + 0.73857405 * \text{RMV}$$

CIES	INES	RMV
(-4.608757)	(-4.778879)	(11.83992)
(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)

$$R^2 = 0.724455 \quad DW = 1.915126$$

$$\text{REXTELMEXL} = -1.343756306 * \text{CIES} - 1.429709364 * \text{INES} + 0.84325237 * \text{RMV}$$

CIES	INES	RMV
(-4.841319)	(-5.066851)	(13.23082)
(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)

$$R^2 = 0.767342 \quad DW = 2.01836$$

$$\text{REXTTOLMEX} = -0.2685991281 * \text{CIES} + 0.8912291082 * \text{RMV}$$

CIES	RMV
(-4.580297)	(6.039197)
(0.0000)	(0.0000)

$$R^2 = 0.496642 \quad DW = 1.484515$$

$$\text{REXVITRO} = -2.927884221 - 0.1537380557 * \text{CMCD} - 0.4655033151 * \text{CMCOD} + 0.9123072347 * \text{RMV}$$

β	CMCD	CMCOD	RMV
(-2.29205)	(-2.113297)	(-3.001928)	(7.16835)
(0.0258)	(0.00391)	(0.0040)	(0.0000)

$$R^2 = 0.522829 \quad F = 20.08756 \quad DW = 1.988252$$

De acuerdo con los resultados que aquí se reportan, la significancia alcanzada por los parámetros de acuerdo con la pruebas t no siempre es fuerte ni en todos los casos se encuentra que el modelo tenga un ajuste alto. Sin embargo, también es de destacarse que el valor del estadístico de Durbin Watson que se alcanzó en la prueba es significativo al 1%, por lo que se rechazaría la existencia de autocorrelación de primer orden en los términos de error.

Aunque no suficiente para probar que las especificaciones son del todo correctas, la ausencia de autocorrelación de primer orden (naturalmente con excepción de los casos

en que es inconclusiva o se acepta) permite al menos inferir que en ellas no se encuentra un error de especificación que imposibilite la estimación de los coeficientes de las variables explicativas debido a la inclusión de los efectos de los valores desfasados de la variable a explicar o de alguna(s) de la(s) variable(s) explicativa(s).

Como puede observarse las acciones no se comportan de manera igual ante los efectos de las variables explicativas propuestas. En las variables relacionadas con la inflación tenemos que la representativa de la inflación esperada (CIES) resulta significativa en 11 de las ecuaciones estimadas, aunque en dos casos sólo al 10%; mientras que la variable correspondiente a la inflación no esperada (INES) en 13 casos, siendo en cuatro de ellos al 10%. Se encontró que el cambio en el costo del dinero (CMCD) es significativo en 10 ecuaciones, pero al 10% en dos.

Se encontró una relación significativa con el cambio de la cotización oficial del dólar (CMCD) en tres ecuaciones, siendo del 10% en una de ellas. Los cambios en la actividad industrial (CMPI) resultan significativos sólo en un caso y al 10%.

La variable RMV, que mide la relación del rendimiento excesivo de la acción estudiada con el rendimiento del mercado es significativa en 21 ecuaciones y únicamente en una de ellas la significancia es del 5%, alcanzando en todas las demás hasta el 1%.

En cuanto a las R^2 de las ecuaciones estimadas se observó que, salvo en cuatro de ellas (GCC B, GFB A, Gigante B y Moderna) se mejora su valor en comparación con los resultados alcanzados en el ajuste de la ecuación del modelo del mercado (véase el apartado 3.2.2.2).

Es importante destacar que la mejora relativa de las R^2 que fueron más altas en el modelo de mercado es baja (la máxima es de 1.58% y en dos casos definitivamente muy pequeña) como para considerarse importante. En contraparte, las R^2 de la especificación de los modelos del análisis del APT que mejoraron en comparación con el modelo del mercado van desde un incremento mínimo de 1.08% hasta un máximo de 8,389.2%.

V ANÁLISIS ECONÓMTRICO DE PORTAFOLIOS

En este capítulo se presenta el análisis de portafolios con base en los factores económicos que se establecieron en el capítulo IV como supuestas variables explicativas del rendimiento de acciones individuales. En primer término se presentan los fundamentos teóricos necesarios para la construcción de portafolios.

Posteriormente se presentan los análisis a diversos portafolios, en combinaciones de asignación de recursos a los activos que los integran tanto óptimas como igualmente ponderadas (las que no son necesariamente óptimas). La decisión de seleccionar combinaciones óptimas y no necesariamente óptimas obedece a que el interés principal radica en el análisis de la relación de sus rendimientos con los supuestos factores de riesgo que se estudian y que este procedimiento permite analizar su comportamiento ante diferentes niveles de riesgo de los portafolios.

La optimización de los portafolios se realizó mediante el programa Finance Toolkits de Matlab versión 5, por tal motivo, al final de este trabajo se incluye en el apéndice la ficha técnica correspondiente al procedimiento de optimización.

5.1 Elementos teóricos de la optimización de portafolios

De acuerdo con lo señalado en los antecedentes de este trabajo, para el enfoque de Markowitz el problema del inversionista, supuestamente racional y caracterizado por la aversión al riesgo, deberá preferir los portafolios que son eficientes como característica esencial y que se han definido como aquellos que le ofrecen el máximo rendimiento esperado dado un nivel de riesgo o, bien, el riesgo mínimo dado un nivel de rendimiento objetivo. También se ha mencionado que desde esa perspectiva la problemática del inversionista se puede formular como:

$$\max\{E(R_p) = \sum_{i=1}^n r_i w_i\}$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{COV}_{ij},$$

o, alternativamente

$$\min \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{COV}_{ij},$$

$$E(R^*) = \sum_{i=1}^n r_i w_i$$

en ambos casos s.a.

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

y donde:

$E(R_p)$	=	rendimiento esperado del portafolios
$E(R^*)$	=	rendimiento objetivo
σ_p^2	=	varianza del portafolios
r_i	=	rendimiento individual del activo i -ésimo
w_i	=	asignación presupuestal al activo i -ésimo
w_j	=	Asignación presupuestal al activo j -ésimo
cov_{ij}	=	covarianza entre los activos i, j

En el plano media-varianza, como el de la figura 5.1, se puede identificar al conjunto factible de todas las combinaciones de asignaciones de un portafolios dado, misma que está limitada por la frontera de todos los portafolios factibles representada por la línea curva de dicha gráfica.

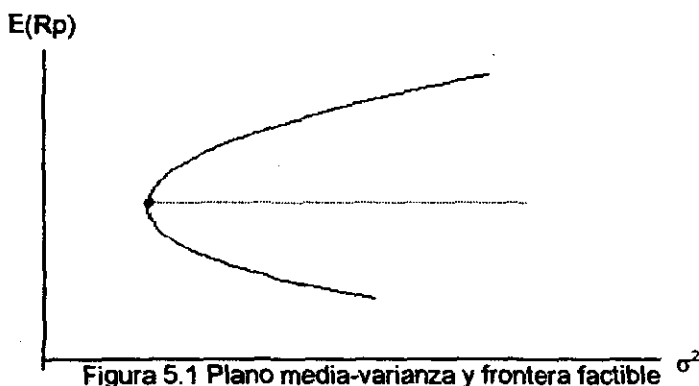


Figura 5.1 Plano media-varianza y frontera factible σ^2

A partir del análisis del plano media-varianza, se puede plantear la problemática del inversionista, como la determinación de las combinaciones de asignación de sus recursos a los activos dentro del portafolios de tal forma que se alcance un punto sobre la parte eficiente de la frontera factible.

Es decir, la optimización del portafolios implica combinar las asignaciones para que permitan alcanzar una combinación de rendimiento y riesgo que se ubique en la región de la frontera eficiente o de portafolios que maximizan el rendimiento esperado dado su nivel de varianza, aquella con pendiente positiva y que va de izquierda hacia arriba y hacia la derecha de la gráfica, a partir de su punto mínimo global, que corresponde al portafolios de mínima varianza global señalado por el punto sobre la frontera de portafolios factibles de la figura 5.1. En la misma figura la línea discontinua divide las regiones de la frontera de portafolios factibles con pendiente positiva (región ascendente) y con pendiente negativa (región descendente).

Entonces, como parte del análisis de portafolios óptimos factibles es necesario construir la frontera eficiente para un portafolios dado compuesto por n activos. De acuerdo con Merton, la frontera factible está formada por el conjunto de los portafolios que satisfacen el problema de minimización restringida:⁵²

$$\min 1/2(\sigma^2) \quad (1)$$

s.a.

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

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

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

donde ahora σ^2 es la varianza del portafolios que se encuentra sobre la frontera y cuyo rendimiento esperado es igual a E .

Debido a que el problema está planteado como una optimización de una función objetivo cuadrática con una restricciones lineales, Merton propone la utilización de multiplicadores de Lagrange.

Al aplicar dicho procedimiento se da origen a la función lagrangiana, $L(x_1, \dots, x_n) = f(x_1, \dots, x_n) + \sum \lambda_j (g_j(x_1, \dots, x_n) - b_j)$, donde $f(x_1, \dots, x_n)$ es la función objetivo y $g_j(x_1, \dots, x_n) - b_j$ son las restricciones impuestas para resolver el problema de optimización. Optimizar la función lagrangiana es lo mismo que optimizar la función objetivo, por lo que reescribiendo la función objetivo (1) para incluir las restricciones y los multiplicadores de Lagrange, se tiene ahora que la función de minimización es

$$\begin{aligned} & \min L(w_1, \dots, w_n, \lambda_1, \lambda_2) \\ & = \left\{ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} + \lambda_1 \left[E - \sum_{i=1}^n r_i w_i \right] + \lambda_2 \left[1 - \sum_{i=1}^n w_i \right] \right\}, \quad (2) \end{aligned}$$

donde λ_1, λ_2 son los multiplicadores de Lagrange⁵³ y las condiciones de primer orden para que se dé un punto crítico, en este caso un mínimo, están dadas por

⁵² Merton Robert C.: 1972, "An analytic derivation of the efficient portfolio frontier", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. VII, n° 4, (septiembre), 1851-1872. En este apartado se sigue el desarrollo de Merton, salvo pequeños cambios en la notación para hacerlo más claro.

⁵³ Para ver con más detalle la aplicación de los multiplicadores de Lagrange a problemas de optimización en la economía se pueden consultar, entre otros, los textos de Knut Sydsæter y Peter Hammond: *Matemáticas para el análisis económico*, 1ª reimp. de la primera edición en español, Prentice Hall, Madrid, 1998, y de Alpha C. Chiang: *Métodos fundamentales de economía matemática*, 3ª edición, McGraw Hill, Madrid, 1987.

$$\sum_{k=1}^n w_k r_k = \lambda_1 \sum_{k=1}^n v_{kj} r_{kj} + \lambda_2 \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj} r_k, \quad (5)$$

y si después se suma (4) sobre $k = 1, \dots, n$,

$$\sum_{k=1}^n w_k = \lambda_1 \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj} r_j + \lambda_2 \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj}. \quad (6)$$

Definase:

$$A \equiv \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj} r_j; \quad B \equiv \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj} r_j r_k; \quad C \equiv \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj}.$$

De las restricciones segunda y tercera de (3) y con base en el resultado de (6) se tiene un sistema lineal simple para λ_1 y λ_2 ,

$$E = B\lambda_1 + A\lambda_2 \quad (7)$$

$$1 = A\lambda_1 + C\lambda_2$$

debido a que $\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj} r_j = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n v_{kj} r_k$, $B > 0$ y $C > 0$, al resolver para λ_1 y λ_2

$$\lambda_1 = \frac{(CE - A)}{D}$$

$$\lambda_2 = \frac{(B - AE)}{D} \quad (8)$$

donde $D \equiv BC - A^2 > 0$.

Después se substituyen en la ecuación (4) los valores de λ_1 y λ_2 que se han encontrado en (8) y se resuelve para la asignación presupuestal para cada activo riesgoso que se tiene en el portafolios sobre la frontera eficiente y cuyo rendimiento esperado es E. De lo anterior resulta que

$$w_k = \frac{E \sum_{j=1}^n v_{kj} (CE_j - A) + \sum_{j=1}^n v_{kj} (B - AE_j)}{D}, \quad k = 1, \dots, n \quad (9)$$

Si se multiplica la primera ecuación de (3) por w_i y se suma de $i=1, \dots, n$ se obtiene

$$\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n w_k w_j \sigma_{kj} = \lambda_1 \sum_{k=1}^n w_k E_k + \lambda_2 \sum_{k=1}^n w_k. \quad (10)$$

Esta última ecuación es la función objetivo pero expresada ahora como una combinación lineal de los multiplicadores lagrangianos, por lo que a partir de la definición de σ^2 y de las condiciones de primer orden para los multiplicadores lagrangianos

$$\sigma^2 = \lambda_1 E + \lambda_2 \quad (11)$$

Ahora bien, sustituyendo λ_1 y λ_2 de (8) en esta última ecuación, se puede representar la varianza de la frontera de portafolios como una función de su rendimiento esperado

$$\sigma^2 = \frac{CE^2 - 2AE + B}{D} \quad (12)$$

Por lo que la frontera en el plano de media y varianza se define como una parábola. Las derivadas primera y segunda de (12) respecto a E demuestran que σ^2 es una función estrictamente convexa con un punto mínimo único en el cual $\frac{d\sigma^2}{dE} = 0$.

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma^2}{dE} &= \frac{2(CE - A)}{D} = 0 \text{ cuando } E = \frac{A}{C} \\ \frac{d^2\sigma^2}{dE^2} &= \frac{2C}{D} > 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Una vez que se ha evaluado el rendimiento en el punto de mínima varianza global, el siguiente paso es evaluar la varianza que corresponde a dicho punto.

El procedimiento implica que partiendo de (12) se sustituya el rendimiento de (13) correspondiente al punto crítico que hace mínima la varianza, por lo que considerando que D es idéntica a $BC - A^2$, tenemos

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{C\left(\frac{A}{C}\right)^2 - 2A\left(\frac{A}{C}\right) + B}{BC - A^2} = \frac{\frac{A^2}{C} - \frac{2A^2}{C} + B}{BC - A^2} = \frac{B - \frac{A^2}{C}}{BC - A^2} = \frac{\frac{BC - A^2}{C}}{BC - A^2} = \frac{BC - A^2}{(BC - A^2)C} = \frac{1}{C}$$

Y tenemos que $E = A/C$ y $\bar{\sigma}^2 = \frac{1}{C}$ definen el punto del plano de media y varianza en que ésta última es mínima de manera global, esto es, la varianza de este punto es menor que la varianza de cualquier otro punto sobre la frontera factible.

Por último, en el problema de selección se deben considerar las proporciones óptimas de la inversión que se asignarán a cada activo, que cabe recordar son las variables de decisión para el inversionista.

Así, para el activo k, si se define

$$\begin{aligned}\bar{E} &= \frac{A}{C}, \\ \bar{\sigma}^2 &= \frac{1}{C}, \\ \bar{w}_k &\end{aligned}$$

respectivamente como el rendimiento y varianza en el mínimo global y la proporción del portafolios de mínima varianza invertido en el k-ésimo activo, entonces, a partir de la ecuación (9)

$$\bar{w}_k = \frac{\sum_{j=1}^n v_{kj}}{C}, \quad k=1, \dots, n. \quad (14)$$

Es una práctica muy común presentar la frontera factible de portafolios sobre el plano de media y desviación estándar, en lugar del plano de media y varianza, por lo que a partir de las ecuaciones (12) y (13) tenemos que

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{CE^2 - 2A + B}{D}} \\ \frac{d\sigma}{dE} &= \frac{CE - A}{D\sigma} \\ \frac{d^2\sigma}{dE^2} &= \frac{1}{D\sigma^3} > 0.\end{aligned} \quad (15)$$

Donde σ es una función estrictamente convexa de E y el portafolios de mínima desviación estándar es el mismo que el portafolios de mínima varianza. y tenemos que la frontera factible tiene como asíntotas las líneas determinadas por la función

$$E = \bar{E} \pm \sqrt{\frac{D}{C}} \sigma. \quad (16)$$

A lo largo de la frontera factible tenemos que E como función de σ está dado por

$$\begin{aligned}E &= \frac{A}{C} \pm \frac{1}{C} \sqrt{D(C\sigma^2 - 1)} \\ &= \bar{E} \pm \frac{1}{C} \sqrt{D(C\sigma^2 - 1)}.\end{aligned} \quad (17)$$

Debido a que se ha definido la frontera eficiente como la parte de la frontera factible que tiene pendiente positiva, su ecuación es

$$E = \bar{E} + \frac{1}{C} \sqrt{DC(\sigma^2 - \bar{\sigma}^2)}. \quad (18)$$

5.2 Portafolios de la muestra

En los apartados de esta sección se presentan los resultados del análisis de los efectos de los factores económicos que se han estudiado en el capítulo anterior y que se han representado por las variables CIES, INES, CMCD, CMCOD, CMPI y RMV (definidas también en el capítulo anterior) sobre dos portafolios con acciones de la muestra que se ha venido sometiendo a estudio en este trabajo. El primer portafolios se conforma por activos igualmente ponderados mientras que en el segundo caso se trata del portafolios de mínima varianza global que es, por lo tanto, un portafolios óptimo.

Cabe mencionar que en este capítulo se toma como variable a explicar (dependiente) los rendimientos nominales y no los rendimientos en exceso, toda vez que a partir de los resultados mostrados en el capítulo anterior se verifica que sí es posible encontrar una relación entre algunos de los factores propuestos y los rendimientos de las acciones que forman parte de la muestra bajo estudio.

Se trata en esencia del mismo modelo que se ha especificado bajo la lógica de la APT pero incluyendo una ligera modificación por el motivo antes señalado, por lo que ahora tenemos

$$\begin{aligned} R_p &= \beta_0 + \beta_1 \text{CIES}_t + \beta_2 \text{INES}_t + \beta_3 \text{CMCD}_t + \beta_4 \text{CMCOD}_t + \beta_5 \text{CMPI}_t + \beta_6 \text{RMV}_t + u_k \\ E(u) &= 0 \\ \text{Var}(u) &= \sigma^2 \\ \text{Cov}(u_k, u_{k-1}) &= 0 \end{aligned}$$

Al igual que en el capítulo previo, se espera que al menos existan algunos coeficientes con significancia estadística y no se establece hipótesis alguna sobre los signos que deben tener dichos coeficientes.

5.2.1 Portafolios de ponderación igual

Este portafolios se construyó dándole a cada acción el mismo peso (ponderación) para cada periodo y, por lo tanto, el rendimiento del portafolios por periodo es un promedio ponderado de acuerdo con los rendimientos de los activos individuales.

Naturalmente que este hecho no garantiza que se cuente con un portafolios óptimo (bajo el criterio de mínima varianza-desviación estándar), por lo que en teoría puede contener riesgo no sistemático. Sin embargo, debido a que nuestro interés radica en

analizar los efectos de los factores antes mencionados, la estimación nos permitiría ver que efectos tienen en un portafolios con activos igualmente ponderados y que puede representar el caso de una diversificación no óptima. Un ejemplo de inversión en un portafolios no óptimo es el caso en que el inversionista simplemente diversifica pero sin preferencias sobre los activos y sus características de rendimiento y riesgo o diversificación *naïve*. Es decir, ahora la variable rendimiento del portafolios R_p se define como

$$E(R^*) = \sum_{i=1}^n r_i w_i = R_p$$

$$w_1 = w_2 = \dots = w_n$$

Siguiendo el estilo de presentación que se ha adoptado, la ecuación

$$R_p = \beta_0 + \beta_1 \text{CIES}_t + \beta_2 \text{INES}_t + \beta_3 \text{CMCD}_t + \beta_4 \text{CMCOD}_t + \beta_5 \text{CMPI}_t + \beta_6 \text{RMV}_t + u_t$$

estimada, donde R_p representa el rendimiento del portafolios con acciones igualmente ponderadas y las variables se representan como se ha venido haciendo en este análisis, proporciona los siguientes valores:

$$R_p = -3.57518 + 1.68531 \cdot \text{CIES} + 1.53426 \cdot \text{INES} - 0.321598 \cdot \text{CMCD} + 0.910663 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	RMV
(-3.4317)	(3.341515)	(3.149116)	(-3.675235)	(14.13928)
(0.0012)	(.0015)	(0.0027)	(0.0005)	(0.0000)
$R^2 = 0.80336$		$F = 55.15346$	$DW = 2.049123$	

De esta ecuación se desprende que tanto el coeficiente de intercepción como los coeficientes correspondientes a las variables CIES, INES, CMCD y RMV son estadísticamente significativos al 5% y al 1% inclusive, como puede observarse en los resultados de las pruebas t y F.

Se puede observar que el ajuste del modelo es bueno, pues de acuerdo con el valor de la R^2 los factores analizados explican casi el 80.34% de la variación en los rendimientos del portafolios. Es conveniente señalar que el estadístico de Durbin-Watson (2.049123) indica que la especificación del modelo no sufre del problema de términos sucesivos de error autocorrelacionados.

Particularmente destaca que RMV tiene el más significativo de los coeficientes, pero los valores de los coeficientes de las variables relacionadas con la inflación (CIES e INES) resultaron más elevados indicando, entonces que los efectos de la inflación son más fuertes sobre los rendimientos del portafolios estudiado que los efectos del rendimiento en el mercado de valores y el costo del dinero (que resulto ser el de menor impacto).

Al aplicar el mismo análisis a los rendimientos en exceso se encontró que la ecuación resultante es:

$$R_p = -3.190328 + 0.118146 \cdot \text{CIES} - 0.26116945 \cdot \text{CMCD} + 0.899442 \cdot \text{RMV}$$

β_0 (-4.962715) (0.0000)	CIES (2.003761) (0.0500)	CMCD (-3.075021) (0.0033)	RMV (13.5201) (0.0000)
$R^2 = 0.772846$		$F = 62.37562$	$DW = 2.027615$

Los resultados obtenidos son semejantes, por tanto comparables, con los de la ecuación previa, sin embargo, destaca el hecho de que se ha tenido que eliminar de la ecuación la variable de inflación no esperada (INES) y que la correspondiente a la inflación esperada (CIES) resulta significativa exactamente al 5% pero no al 1%.

La disminución en el coeficiente de determinación de la ecuación estimada, por cierto ligera, puede deberse precisamente a la eliminación de la variable antes mencionada. En contraparte, el estadístico F calculado resulta superior que la ecuación anterior. En relación con el estadístico Durbin-Watson no hay cambio en la inferencia.

5.2.2 Análisis del portafolios de mínima varianza global

De las combinaciones factibles que pueden darse con base en las acciones que se han seleccionado como muestra, por su definición, el portafolios de mínima varianza global goza prácticamente de todo el beneficio de la diversificación pues está formado necesariamente por la combinación de activos que al tener la varianza mínima entre todas las combinaciones factibles (incluyendo las óptimas o de portafolios eficientes) elimina el máximo posible de riesgo no sistemático, dejando únicamente el riesgo residual no diversificable o riesgo sistemático. Por lo tanto, el portafolios óptimo se convierte en un instrumento del cual se puede obtener información adicional sobre los efectos de los factores de riesgo que se han considerado para efectos de nuestro análisis.

Para obtener los rendimientos del portafolios óptimo se dividió el periodo muestral en dos partes. La primera corresponde a los rendimientos mensuales de las acciones estudiadas a partir del horizonte temporal comprendido entre febrero de 1994 y julio de 1996. Mediante el proceso de optimización de portafolios que se ha descrito en la sección 5.1, esencia misma del planteamiento de Markowitz, se obtuvo el rendimiento para el portafolios de mínima varianza global correspondiente a julio de 1996. Para la segunda parte del periodo se fue incluyendo la información por periodo mensual, recalculando el rendimiento del portafolios de mínima varianza global correspondiente siguiendo el mismo procedimiento de optimización.

En la figura 5.2 se muestra la frontera eficiente que corresponde a julio de 1996. En ella las unidades del eje horizontal se refieren a la desviación estándar del portafolios no a su varianza, por tanto, la frontera eficiente se da en el espacio media-desviación estándar. Lo anterior no cambia al portafolios de varianza mínima pues éste es también

el de desviación estándar mínima, punto correspondiente a la terminal redondeada de la representación de la frontera.

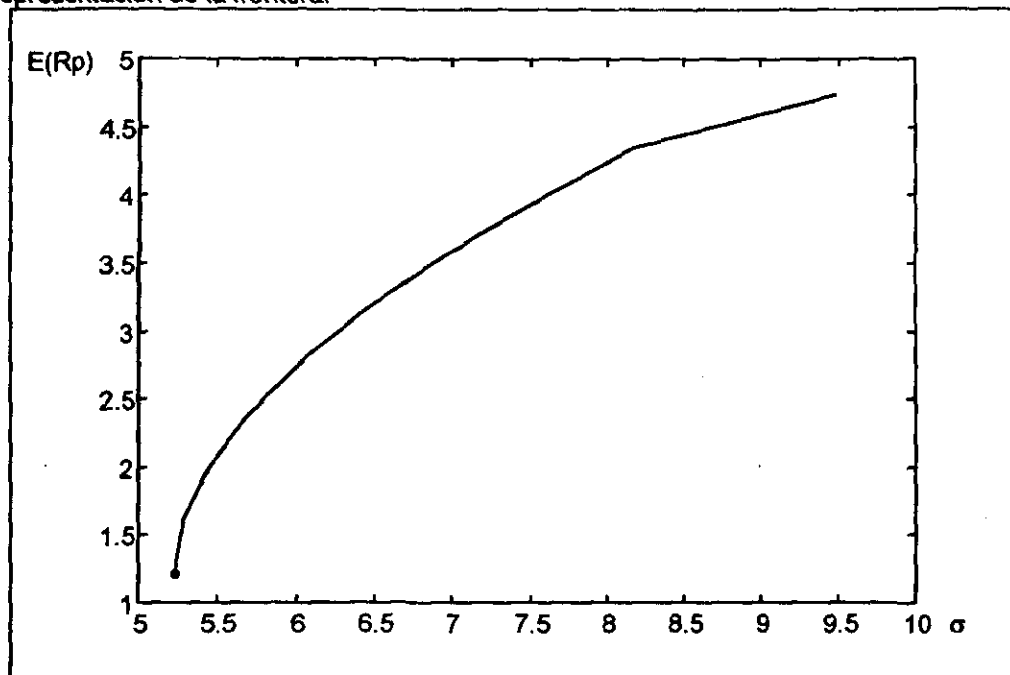


Figura 5.2 Frontera eficiente del portafolios óptimo de las acciones de la muestra a julio de 1996

Después de haber realizado lo anterior, se procedió a efectuar una regresión de las variables representativas de los factores económicos postulados sobre los rendimientos de los portafolios de mínima varianza global de julio de 1996 hasta diciembre de 1998. A diferencia de la forma en que se ha venido haciendo, para este caso se presentan con mayor detalle los pasos que condujeron a la estimación de la ecuación definitiva.

La primera ecuación correspondiente que resultó del proceso de estimación incluyendo todas las variables supuestamente explicativas es:

$$R_p = 2.09708 - 0.37148 \cdot \text{CIES} - 0.38516 \cdot \text{INES} - 0.03687 \cdot \text{CMCD} - 0.04819 \cdot \text{CMCOD} - 0.00347 \cdot \text{CMPI} + 0.01956 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	CMCOD	CMPI	RMV
(11.0979)	(-3.0269)	(-3.1566)	(-2.2787)	(-2.0994)	(-0.1576)	(2.79571)
(0.0000)	(0.0060)	(0.0044)	(0.0323)	(0.0469)	(0.8761)	(0.0119)
	$R^2 = 0.478725$		$F = 3.520433$		$DW = 0.400496$	

De estos resultados salta a simple vista que la ecuación que se estimó padece de serias dificultades. En primer lugar es de hacerse notar que el coeficiente de CMPI no

es significativo, esto es, estadísticamente su valor no es diferente de cero. Sin embargo, a estas alturas tal resultado no representa novedad alguna puesto que en las ecuaciones del capítulo tercero ese comportamiento fue prácticamente la norma. Por su parte, la significancia de los coeficientes de CMCD y CMCOD es sólo de 5%, por lo que no puede rechazarse que sean diferentes de cero, mientras que los demás coeficientes son estadísticamente diferentes de cero.

El verdadero problema parece radicar en que la ecuación muestra la existencia de una clara autocorrelación en los términos sucesivos de error, como fácilmente puede observarse en el valor del estadístico de Durbin-Watson. El resultado de la R^2 y de la prueba F apuntan en la dirección de una mala especificación del modelo (mientras la primera es baja, la segunda no es significativa al 1% aunque sí lo es al 5%). Es decir, es baja la explicación que aporta la ecuación sobre la variación total de los rendimientos al mismo tiempo que no es posible rechazar al 5% que el valor de todos los coeficientes de los regresores sean igual a cero.

Se decidió adoptar como medida de solución una regresión que excluyera la variable CMPI, no significativa, para verificar si el problema de mala especificación radica únicamente en la inclusión de dicha variable, obteniéndose que

$$R_p = 2.09109 - 0.36835 \cdot \text{CIES} - 0.38177 \cdot \text{INES} - 0.03636 \cdot \text{CMCD} - 0.04885 \cdot \text{CMCOD} + 0.01959 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	CMCOD	RMV
(11.5331)	(-3.10538)	(-3.2451)	(-2.3414)	(-2.2097)	(-0.1576)
(0.0000)	(0.0048)	(0.0034)	(0.0278)	(0.0369)	(0.0100)
	$R^2 = 0.478162$	$F = 4.398256$		$DW = 0.392402$	

Puede observarse una mejoría muy pequeña en la significancia de todas las variables, incluyendo al término de intercepción, así como también que la prueba F alcanza significancia al 1%. No obstante, el estadístico de Durbin-Watson continúa indicando la presencia de autocorrelación de primer orden. Como consecuencia no se puede afirmar que los valores estimados para los coeficientes sean correctos, pues es bien sabido que en presencia de la autocorrelación la prueba t tiende a exagerar la significancia estadística de los coeficientes.

De entre las diversas alternativas para resolver el problema existente se decidió incluir como variable explicativa a los rendimientos con un rezago, resultando que la ecuación de mejor ajuste es

$$R_p = 0.1523374429 + 0.8945196082 \cdot R_p(-1) + 0.006044217075 \cdot \text{CIES} - 0.01472693628 \cdot \text{CMCD} - 0.01164577339 \cdot \text{CMCOD} + 0.01620864605 \cdot \text{RMV}$$

β_0	$R_p(-1)$	CIES	CMCD	CMCOD	RMV
(1.9674)	(19.0560)	(2.2572)	(-3.1874)	(-1.7294)	(8.0104)
(0.0613)	(0.0000)	(0.0338)	(0.0041)	(0.0971)	(0.0000)
	$R^2 = 0.955634$	$F = 99.08369$		$DW = 2.291756$	

De estos resultados se desprende que todas las variables de la ecuación son significativas estadísticamente, aunque el cambio mensual en la cotización del dólar oficial sólo al 10%. Es de hacerse notar que al incluir en la estimación al valor del rendimiento del portafolios con un desfase, significativo incluso al 1%, la variable INES tuvo que eliminarse así como también se observa una disminución en la significancia del término de intercepción y de las variables CIES y CMCOD.

El valor de la R^2 indica un ajuste bastante bueno pues de acuerdo con el mismo se tiene que más del 95.5% de la variabilidad del rendimiento del portafolios de varianza mínima global se encuentra explicado por la variabilidad de los regresores empleados. El valor de F, con un nivel de significancia del 1%, corrobora también el ajuste general del modelo para explicar el rendimiento del portafolios bajo análisis.

Se reporta el valor del estadístico de Durbin-Watson pero es conveniente aclarar que se realizó la prueba de Breusch-Godfrey para analizar la posibilidad de autocorrelación con diversos periodos previos (uno hasta doce). Se encontró que al 1% de significancia, según el resultado de la prueba, no existe evidencia alguna que soporte a la hipótesis de autocorrelación en los términos de error de la ecuación estimada, por lo que se puede rechazar dicha hipótesis. En términos generales se puede aceptar que se ha corregido el problema de especificación al incluir de manera explícita la relación del rendimiento del portafolios con el rendimiento del mismo portafolios con un periodo de desfase y que, por lo tanto, los resultados alcanzados en esta última ecuación permiten inferir que para el horizonte temporal de este estudio sí existe evidencia de la relación entre los rendimientos del portafolios formado por acciones de la muestra por una parte y, por la otra, con los cambios en la inflación esperada, en el costo del dinero, en la cotización peso-dólar y de los rendimientos del mercado de valores.

5.3 Análisis incluyendo fondos de Banamex-Accival

En esta parte se incluye también la consideración de cuatro fondos de la casa de bolsa Banamex-Accival con el objetivo de ampliar el análisis sobre los efectos de las variables económicas que se han seleccionado sobre los rendimientos de nuestra muestra accionaria. La justificación para incluir el estudio de dichos fondos es que al ser por definición portafolios diversificados eliminan parte del riesgo no sistemático, contribuyendo a analizar de manera más directa el riesgo sistemático. El siguiente apartado se dedica a la presentación de las características de estos fondos a grandes rasgos.

5.3.1 Características de los fondos de Banamex-Accival

Los fondos de Banamex-Accival que se seleccionaron para efectos de este estudio son:

- Fondo Accivalmex, S.A. de C.V. (ACCIVAL)
- Fondo Accivalmex Patrimonial, S.A. de C.V. (ACCIPAT)

- Fondo Accivalmex Alta Rentabilidad, S.A. de C.V. (ACCIAR)
- Fondo de Inversiones Banamex, S.A. de C.V. (FONBNM)

En general todos los fondos mantienen una proporción invertida en instrumentos de renta variable y otra en instrumentos de renta fija, siendo mayoritaria la primera y comparable entre los diferentes fondos dentro de un margen diferencial del 10 al 12%. También debe mencionarse que a lo largo del periodo comprendido por el estudio se observan ligeras variaciones de la proporción invertida en cada tipo de instrumento.

Los tres primeros (ACCIVAL, ACCIPAT y ACCIAR) son portafolios con mayor diversificación intersectorial que FONBNM. De acuerdo con la clasificación de la BMV, los primeros incluyen en su composición acciones de empresas de los sectores de:

- Alimentos, bebidas y cigarros
- Cemento y construcción
- Casas comerciales
- Papel y celulosa
- Grupos industriales
- Grupos financieros
- Comunicaciones
- Misceláneo

Por su parte FONBNM no incluye el sector de papel y celulosa y es de señalarse también que el número de emisiones que mantiene por sector es menor que el de los otros fondos que se han mencionado, es decir, su inversión se encuentra menos diversificada.

Como parte de la caracterización de estos fondos se consideró conveniente realizar también el análisis individual de los efectos que sobre sus rendimientos tienen las variables económicas que se han postulado para explicar los rendimientos accionarios y de los portafolios accionarios.

Al analizar los rendimientos se encontró que no hay evidencia alguna de que las variables propuestas tengan relación alguna con el fondo ACCIAR. Para ACCIVAL y ACCIPAT sólo RMV alcanzó significancia estadística, en ninguno de los dos tuvo significancia el coeficiente del término de intercepción. Las variables que resultaron significativas en el caso de FONBNM fueron CIES, INES y RMV, aunque esta última sólo al 10%; resultando también significativo el intercepto de la ecuación.

También se realizó la regresión sobre los rendimientos en exceso de los fondos. Cabe mencionar que en el caso de ACCIAR tampoco fue posible establecer relación alguna entre los rendimientos en exceso y las variables supuestamente explicativas. Para los fondos ACCIVAL y ACCIPAT se encontró que las variables CIES, INES y RMV resultaron estadísticamente significativas en la regresión, pero no el intercepto.

Por lo que toca a FONBNM cabe mencionar que en primera instancia resultaron significativos tanto el intercepto como los coeficientes correspondientes a las variables

CIES e INES, pero mediante la prueba de Durbin-Watson se detectó autocorrelación serial de primer orden.

Al corregirse el problema mediante el proceso iterativo de diferencias generalizadas propuesto por D. Cochrane y G.H. Orcutt se confirmó la significancia de las variables pero sólo al nivel de 5%; el valor del coeficiente de autocorrelación entre los términos de error resultó ligeramente superior a 0.94.

5.3.2 Portafolios de ponderación igual

Posteriormente al análisis individual de los fondos de Banamex-Accival, se formó un portafolios integrado por las 22 acciones de la muestra y los cuatro fondos. Se tomó cada fondo como si fuese un activo por lo que, al sumarse a las 22 acciones, se tuvo un portafolios formado con 26 activos. Para esta parte del análisis se le otorgó igual peso a cada activo, obteniéndose la siguiente ecuación estimada:

$$R_p = -2.83948 + 1.17229 \cdot \text{CIES} + 1.09735 \cdot \text{INES} - 0.1958 \cdot \text{CMCD} - 0.00341 \cdot \text{CMCOD} + 0.1773 \cdot \text{CMPI} + 0.93136 \cdot \text{RMV}$$

β_0	CIES	INES	CMCD	CMCOD	CMPI	RMV
(-1.8764)	(1.5987)	(1.5419)	(-1.5552)	(0.08513)	(0.7574)	(10.0978)
(0.0662)	(0.1159)	(0.1291)	(0.126)	(0.976)	(0.4522)	(0.0000)
	$R^2 = 0.683944$		$F = 18.75465$		$DW = 2.882208$	

Como puede verse, esta estimación también presenta problemas pues con excepción del intercepto y de RMV, 10% y 1% de significancia respectivamente, ninguna de las variables muestra que estadísticamente sus coeficientes sean diferentes de cero. El valor de la R^2 no puede considerarse tan bajo como para rechazar totalmente la información contenida en la ecuación estimada, pero la falta de significancia de los coeficientes de la ecuación parecen indicar que el problema es ahora de multicolinealidad.

Es importante destacar que el estadístico Durbin-Watson muestra evidencia de autocorrelación positiva, por lo que el problema de fondo pudiera deberse nuevamente a una especificación deficiente. Por esta última razón se decidió buscar una solución semejante a la del caso anteriormente presentado, pero al no tener en principio evidencia de relación entre las variables explicativas aparte del intercepto y de la variable RMV, se inició el proceso incluyendo el valor desfasado de la variable dependiente junto con todas las variables originalmente especificadas, dando lugar a la estimación:

$$R_p = -3.24817 - 0.17751 \cdot R_p(-1) + 1.45531 \cdot \text{CIES} + 1.37662 \cdot \text{INES} - 0.26249 \cdot \text{CMCD} + 0.00939 \cdot \text{CMCOD} + 0.11384 \cdot \text{CMPI} + 0.93489 \cdot \text{RMV}$$

β_0	$R_p(-1)$	CIES	INES	CMCD	CMCOD	CMPI	RMV
(-2.091)	(-1.946)	(1.9331)	(1.9073)	(-1.903)	(0.0851)	(0.4902)	(10.218)
(0.0417)	(0.0573)	(0.0589)	(0.0622)	(0.0627)	(0.9351)	(0.6261)	(0.0000)
		$R^2 = 0.707474$		$F = 17.275$		$DW = 2.672366$	

Después de la corrección resulta que tienen significancia estadística el término de intercepción (5%), la variable rezagada(10%) y las variables CIES(10%), INES(10%), CMCD(10%) y RMV(1%). Por tanto, se decidió reestimar la ecuación retirando las variables no significativas:

$$R_p = -3.08978 - 0.18398 * R_p(-1) + 1.41406 * CIES + 1.33151 * INES - 0.27131 * CMCD + 0.93955 * RMV$$

β_0	$R_p(-1)$	CIES	INES	CMCD	RMV
(-2.063549)	(-2.077016)	(1.94476)	(1.916903)	(-2.017594)	(10.49766)
(0.0441)	(0.0428)	(0.0572)	(0.0608)	(0.0488)	(0.0000)
	$R^2 = 0.705895$	$F = 24.96152$		$DW = 2.694203$	

A pesar de la mejora marginal de la significancia y que al menos al 10% puede rechazarse que los coeficientes estimados sean iguales a cero, la prueba de Breusch-Godfrey señala autocorrelación al 1 y al 5% de significancia hasta para tres rezagos. Por tal motivo se hizo necesario revisar detenidamente los residuos de la estimación, mediante el correlograma y la prueba estadística Q de Ljung-Box, determinándose que el problema de correlación presente en los términos de error es generalizado pues resultaron significativos por lo menos al 10% de significancia los términos de error del primer rezago y hasta el 13.

La situación presentada hace muy complicado una corrección de la autocorrelación mediante las técnicas tradicionales de diferenciación como la propuesta por el mismo Durbin o el procedimiento sugerido por Cochrane-Orcutt. Por lo tanto, se decidió aprovechar la autocorrelación mediante las técnicas propuestas por Box y Jenkins.

La metodología que dichos autores proponen para construir modelos de datos ordenados en series de tiempo se basa en un proceso iterativo que implica: a) postular la clase general a la que pertenece el modelo, b) identificar un modelo tentativo, c) estimar los parámetros del modelo tentativo, d) realizar un diagnóstico de su ajuste y e) utilizar el modelo si es adecuado o, en caso contrario, identificar otro modelo tentativo.⁵⁴

Los modelos de Box-Jenkins están orientados hacia la obtención de pronósticos, sin embargo, dado que el principal objetivo de este trabajo es analizar la relación entre los factores que se han postulado y los rendimientos de los activos con riesgo bajo estudio, únicamente se pretende utilizar la técnica sugerida por los autores mencionados con el objetivo de obtener una mejor estimación de los parámetros de las variables que supuestamente pueden explicar el comportamiento de los rendimientos de dichos activos.

Aunque no se abundará aquí en los detalles de la metodología Box-Jenkins, es pertinente mencionar que ésta se vale de tres herramientas fundamentales para efectuar el análisis de las series de tiempo.

⁵⁴Box George E. P. y Jenkins Gwilym M.: *Time series analysis, forecasting and control*, edición revisada de la 1ª edición, Holden Day, Oakland, California, 1976, pp. 18-19

La primer herramienta es el orden de la autorregresión o término AR, le sigue el orden de integración o de diferenciación en la serie original para obtener una serie estacionaria o término I y, por último, el orden del promedio móvil del término de error o término MA. De acuerdo con lo anterior, una serie de tiempo se puede caracterizar mediante el orden ARIMA⁵⁵ del proceso que la genera.

Una característica esencial para efectuar la identificación del modelo sugerido por la metodología de Box-Jenkins es que las series analizadas sean estacionarias, esto es, que los valores de las observaciones correspondientes se sitúen en torno a una media constante. De no ser estacionaria la serie en el nivel debe recurrirse a un proceso de diferenciación hasta hacer que la serie se vuelva estacionaria. En el caso del rendimiento del portafolios que incluye tanto a las acciones de la muestra como a los fondos de Banamex-Accival, según puede apreciarse mediante el análisis visual de la figura 5.3, los valores de la serie original parecen seguir un patrón de comportamiento estacionario (con media cercana a cero) y tampoco parece haber en ella un comportamiento tendencial.

No obstante la aparente estacionariedad de la serie, se decidió probar la posible existencia de una raíz unitaria ya que ello sería una señal de no estacionariedad. Para tal efecto, se realizó la prueba del estadístico τ (tau) sugerida por David A. Dickey y Wayne A. Fuller, así como también la propuesta por P. C. B. Phillips y P. Perron, ambas bajo la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria (o, de manera equivalente, que la serie no es estacionaria).⁵⁶

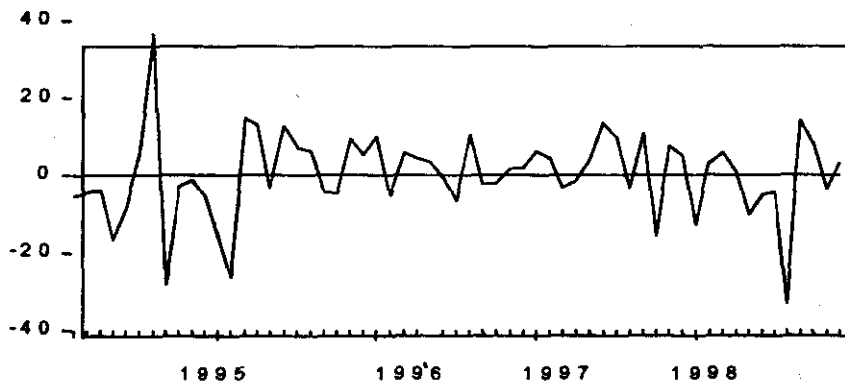


Figura 5.3 Gráfica de los rendimientos del portafolios formado por las acciones de la muestra y los cuatro fondos de Banamex-Accival

⁵⁵ En el caso particular de nuestro interés se puede hablar en realidad de un modelo ARIMAX, pues se incluyen otras variables explicativas (denotadas por la X) además de los componentes de la estructura de los términos de error.

⁵⁶ Con base en la inspección visual de las series, se decidió llevar a cabo ambas pruebas suponiendo la existencia de una constante pero no la de una tendencia.

Debido a que el valor del estadístico de Dickey y Fuller (-6.347474) se ubicó a la izquierda del valor crítico (-3.5478), al 1% de significancia se rechazó la hipótesis nula. El valor del estadístico de Phillips-Perron (-8.248974) se ubicó también a la izquierda del valor crítico de (-3.5457), por lo que se rechazó también la hipótesis nula al mismo nivel de significancia que la prueba anterior.⁵⁷ Por lo anterior, se concluyó que la serie de los rendimientos del portafolios en cuestión es estacionaria y, como consecuencia, no es necesario tomar diferencias de la serie original y el modelo a considerar es de orden de integración igual a cero, I(0).

La identificación de un modelo tentativo no es tan directa como en otros casos pues, a diferencia del enfoque de la regresión clásica que pretende explicar una serie de tiempo mediante el proceso que la genera con base en las variables explicativas, en la metodología de Box y Jenkins "lo que se pretende discernir es la caja negra 'correcta' que pudo haber producido dicha serie a partir de algún ruido blanco..."⁵⁸

Aunque de manera general se acepta que los coeficientes de autocorrelación y los coeficientes de autocorrelación parcial dan buenas "señales" sobre el modelo ARIMA que debe seleccionarse con carácter tentativo, en la práctica la identificación de un modelo puede requerir del procedimiento de prueba y error hasta llegar al modelo que produce "la caja negra correcta".

En el caso que nos ocupa la revisión del correlograma de la ecuación problemática, así como el correlograma de los cuadrados de los residuales sugieren que es posible ajustar un proceso AR aunque no queda del todo claro cual es el orden de los términos autorregresivos (AR) en la estructura de términos de error.

Sin embargo, valiéndonos del hecho empírico de que para nuestra buena fortuna es posible aproximar el comportamiento de una serie de tiempo mediante modelos de órdenes bajos, después de probar con diversos órdenes en los términos desfasados de la serie original se encontró que el comportamiento de la serie de rendimientos del portafolios que motiva este análisis puede representarse adecuadamente por el modelo AR(3) o, en la terminología de los modelos de Box-Jenkins, un modelo (3,0,0), el que para nuestros propósitos debe incluir también las variables explicativas, además del término de intercepción, por lo que, reformulando nuestro modelo a estimar, queda como:

$$\hat{R}p_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_x \sum_{i=1}^k X_{it} + \hat{\rho}_M \sum_{i=1}^n R p_{t-i} + \hat{u}_t,$$

cuya estimación resultó ser:

⁵⁷ La regla de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula (existencia de una raíz unitaria o no estacionariedad) es que el valor absoluto de t estimada, variante del estadístico clásico t , sea mayor que el valor absoluto del valor crítico, dado un nivel de significancia. Se utilizaron los valores críticos desarrollados por J. G. MacKinnon.

⁵⁸ Wilson J. Holton y Keating Barry. *Previsiones en los negocios*, 2ª ed., Irwin, Madrid, 1996, pp. 301

$$RP = -2.17045 + 0.66725 \cdot CIES + 0.73371 \cdot INES + 0.93872 \cdot RMV$$

$$+ [AR(1) = -0.7287151083, AR(2) = -0.54266632, AR(3) = -0.542415726]^{59}$$

β_0	CIES	INES	RMV
(-5.032246)	(3.186999)	(3.38683)	(14.45289)
(0.0000)	(0.0025)	(0.0014)	(0.0000)
AR(1)		AR(2)	AR(3)
(-6.220478)		(-3.948423)	(-4.570544)
(0.0000)		(0.0003)	(0.0000)
	$R^2 = 0.834967$	$F = 41.31836$	$DW = 1.69905$

Como se puede observar, los coeficientes del término de intercepción y de las variables CIES, INES y RMV, así como los términos AR son significativos incluso al 1%. La R^2 es lo suficientemente alta como para presumir que las variaciones de las variables del modelo estimado alcanzan a explicar la mayor parte de la variación observada en la variable dependiente (casi el 83.5%), es decir, se tiene un buen ajuste como puede observarse en la figura 5.4.

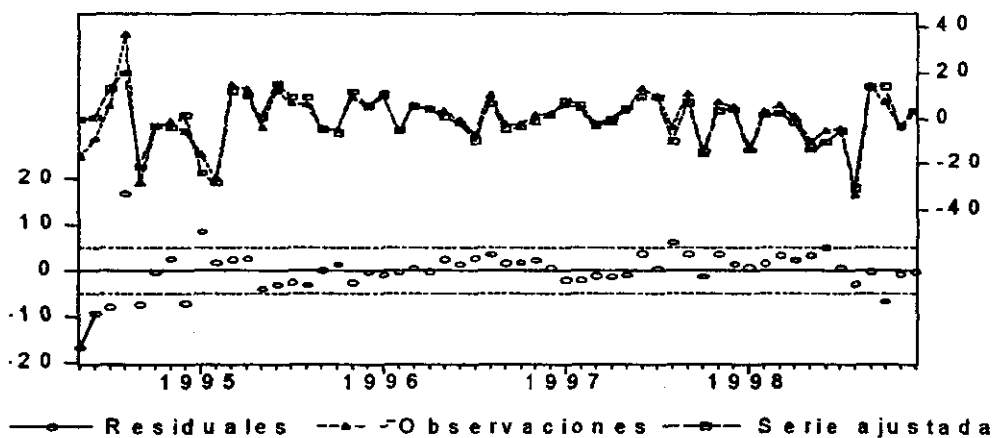


Fig. 5.4 Gráfica de la ecuación AR(3)-X y de la serie de observaciones

Por su parte, el estadístico de la prueba de Durbin-Watson así como la prueba de Breusch-Godfrey indican que no existe ya el problema de autocorrelación antes presente. Por lo tanto, se puede considerar que, según esta estimación, las variables

⁵⁹ Los términos de la ecuación que aparecen entre paréntesis cuadrados corresponde a la estructura AR(3) de la ecuación estimada. Para facilitar su presentación, los datos estadísticos pertinentes se reportan por separado e inmediatamente después de los correspondientes a los coeficientes de las variables explicativas.

CIES, INES, así como RMV, sí intervienen en el proceso que genera los rendimientos del portafolios que se analiza.

Debido a lo anteriormente expuesto, según la evidencia encontrada y naturalmente con las reservas y limitaciones que impone el proceso de modelaje del proceso, se observa que los cambios en la inflación esperada, la inflación no esperada y el rendimiento del mercado de valores contribuyen a explicar el rendimiento del portafolios de los 26 activos que se ha analizado en este apartado. De acuerdo con la estimación, es el rendimiento del mercado de valores (RMV) el factor con mayor impacto, pues es notoriamente más elevado el valor de su coeficiente. También es importante considerar que el proceso depende de efectos rezagados en los componentes del error, lo que puede interpretarse como un indicador de que la serie de rendimientos analizada tiene una memoria de eventos previos. Con la aproximación al proceso que se ha hecho, dicha memoria resulta finita y sólo involucra hasta el tercer periodo de rezago.

5.3.3 Portafolios de mínima varianza global

Esta sección se dedica a considerar el efecto que las variables que hemos venido estudiando tienen sobre el portafolios de mínima varianza global, el cual se obtiene combinando las 22 acciones de la muestra y los cuatro fondos de Banamex y siguiendo el mismo procedimiento de optimización de portafolios ya mencionado y que se aplicó al portafolios que únicamente incluía las acciones de la muestra (véase sección 5.2.2).

La ecuación estimada que alcanzó el mejor ajuste es:

$$R_p = 0.15515 + 0.89226 * R_p(-1) - 0.00468 * INES - 0.01153 * CMCD - 0.01045 * CMCOD + 0.01578 * RMV$$

β_0	$R_p(-1)$	INES	CMCD	CMCOD	RMV
(1.980416)	(18.16994)	(-1.945503)	(-2.741098)	(-1.744169)	(8.711547)
(0.0597)	(0.0032)	(0.0640)	(0.0116)	(0.0945)	(0.0000)
		$R^2 = 0.954336$	$F = 96.1366$	$DW = 2.254377$	

Los coeficientes significativos son, al 1%, el del rendimiento del portafolios con un rezago y el del rendimiento del mercado de valores, CMCD al 5%, INES y CMCOD al 10%. El ajuste de la ecuación es bastante bueno y la ecuación no muestra signos de autocorrelación de acuerdo con la prueba de Breusch-Godfrey al 5 y al 1% de significancia.

De lo anterior se desprende que, además de la inflación no esperada (INES), en este portafolios la evidencia indica que en el rendimientos del portafolios se encuentran presentes los efectos del cambio en la cotización del dólar oficial, del cambio en el costo del dinero, del rendimiento del mercado de valores, así como un efecto derivado del rendimiento del portafolios en el periodo previo.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

VI CONCLUSIONES

En relación con la consistencia entre los supuestos del *Capital Assets Pricing Model* y el comportamiento de las acciones que cotizan en el mercado de valores mexicano, se encontró que sí hay evidencia de la relación entre el rendimiento de los activos analizados y el rendimiento del mercado, pues resultaron significativos los coeficientes de sensibilidad (betas) estimados en la primera de las dos fases de la primera regresión realizada. Cabe señalar también que estos coeficientes son bastante semejantes a los obtenidos indirectamente al estimar el modelo del mercado o de rendimientos en exceso, mediante el cual se probó que no existen rendimientos excesivos anormales para los activos de la muestra. Sin embargo, no se pudo probar empíricamente que exista una tasa libre de riesgo ni de una prima de riesgo como lo propone la teoría de Sharpe y otros.

La interpretación de los resultados mencionados ofrecen una base para, al menos, poner en tela de juicio las hipótesis que respecto a la tasa libre de riesgo y a la prima por riesgo en el mercado de valores plantean la teoría de fijación de precios de activos financieros formulada por William F. Sharpe, John Lintner, Jan Mossin y Jack L. Treynor y que son a su vez la base del popular *Capital Assets Pricing Model* (CAPM), pues en esencia los resultados empíricos que obtuvimos contradicen a ambas hipótesis y, como consecuencia directa, ponen una sombra de duda sobre la exactitud del CAPM.

Sin embargo, tampoco se puede afirmar que se encontró una base sólida para descartar totalmente las tesis de dicha teoría, puesto que, como se ha señalado, el rendimiento del mercado de valores demostró contar con capacidad explicativa en el proceso de generación de rendimientos tanto de los activos individuales como de los portafolios, por lo que dicha variable puede ser necesaria, más no suficiente, para construir una explicación de dicho proceso.

A pesar de que los resultados de nuestro estudio sobre la teoría de Sharpe, Lintner, Mossin y Treynor, son un tanto ambiguos, con base en la evidencia empírica podemos considerar probada la hipótesis de que el rendimiento del mercado de valores no es el único factor explicativo del rendimiento accionario en la Bolsa Mexicana de Valores, dado que se ha encontrado la evidencia suficiente de ello a través del análisis de los rendimientos de los activos financieros que se analizaron. Es decir, si no es del todo incorrecta la teoría subyacente en el modelo CAPM, por lo menos no manifiesta capacidad para ofrecer una explicación cabal del proceso de generación de los rendimientos bursátiles, pues es muy probable que no capture elementos esenciales de dicho proceso.

Por lo que hace a la posibilidad de que la teoría de Stephen A. Ross (*Arbitrage Pricing Theory*), ofrezca una mejor explicación del proceso de generación de rendimientos accionarios en nuestro mercado, nuestro análisis proporcionó indicios de la influencia de algunos de los factores puestos bajo estudio de forma conjunta con el rendimiento del mercado de valores.

Particularmente es de señalarse que los factores relacionados con la inflación, postulados por Ross y Roll, mostraron buena capacidad explicativa del proceso de generación de rendimientos, lo que en realidad puede no parecer algo extraño puesto que de la evolución de la inflación se deriva el riesgo de pérdida del poder adquisitivo a que está sujeto el inversionista; situación menos rara aún si tomamos en cuenta que el contexto económico de nuestro país está caracterizado precisamente por altas tasas de inflación desde hace más de dos décadas. Al respecto es importante considerar que si bien se han superado los niveles de inflación alcanzados en 1995 y 1996 y el comportamiento de la inflación muestra actualmente una tasa decreciente, estamos todavía muy por arriba de los niveles de países con mayor desarrollo que el nuestro, por lo que es de esperarse que el inversionista exija en México tasas de rendimiento acordes con sus expectativas de inflación y con la inflación que va más allá de dichas expectativas.

Por cuanto hace a la influencia que tiene el costo del dinero, este estudio muestra que sí existe en algunos casos, pero su interpretación difícilmente puede hacerse por separado de las variables relacionadas con la inflación, toda vez que los cambios en esta variable están atados en gran medida a las expectativas que se tienen respecto del comportamiento de la inflación. Sin embargo, si se considera a esta variable como indicativa de los cambios en las tasas y por ende en los rendimientos que pueden ofrecer diversas alternativas de inversión, en los casos en que está presente representa el efecto que tiene en los rendimientos el costo de oportunidad o riesgo de tasa de interés.

Aparentemente los cambios en la cotización del dólar oficial no afectan a los activos en lo individual, pero en el análisis efectuado a los portafolios se encontró que es un factor a considerar en el análisis de los rendimientos accionarios. Situación que no parece extraña pues es de sobra conocida la gran dependencia de la economía mexicana respecto de la estadounidense.

En relación con la actividad del sector real de la economía, se encontró que es prácticamente nula su influencia sobre los rendimientos de los activos estudiados. Este resultado no parece ser muy lógico, toda vez que sería de suponer, y por ello esperarse, que la actividad productiva debe influir en los resultados financieros, presentes y esperados, de todas las empresas que forman parte de la economía. Pero, según la evidencia, no es éste el caso y, por lo tanto, la única conclusión a extraer es que, como suponen algunos, existe actualmente un real divorcio entre los sectores real y financiero de la economía mexicana, manifestándose en el desempeño de los respectivos mercados o, bien, el indicador seleccionado no es verdaderamente representativo de la relación existente entre ellos o la especificación lineal no es la más adecuada; incluso, cabría preguntarse si el problema se debe al método de estimación que se utilizó.

Es también conveniente señalar que en los análisis correspondientes a los portafolios de mínima varianza global se encuentran prácticamente presentes los efectos de las mismas variables. Debido a que en teoría el portafolios de mínima varianza global ha reducido cuando menos la mayor parte del riesgo no sistemático, si no es que

totalmente, se concluye que dichas variables son realmente significativas como componentes del riesgo sistemático.

Por otra parte, también salta a la vista que hubo mejoría al utilizar factores adicionales al rendimiento del mercado de valores en la mayor parte de las ecuaciones que explican el proceso de generación de los rendimientos de las acciones de la muestra. Es decir, partiendo de la base teórica que plantea Ross y sus seguidores, se encontró que es posible mejorar la explicación que ofrece la teoría de Sharpe y otros que se basan únicamente en la relación entre los rendimientos de los activos financieros y los movimientos del mercado de valores. Por tanto se puede desprender también como una conclusión de esta investigación que la APT sí constituye un avance teórico importante para la teoría del mercado de valores en lo general, y para la teoría del portafolios de inversión en lo particular.

En general, se puede afirmar que todos los resultados obtenidos constituyen evidencias probatorias a favor de la hipótesis de que un modelo que incluya información adicional proveniente de variables económicas, además de la correspondiente al rendimiento del mercado, es capaz de ofrecer una explicación más completa sobre el proceso de generación de los rendimientos bursátiles en el mercado accionario mexicano. Es decir, la prueba favorable a nuestra hipótesis de trabajo implica que la evidencia encontrada constituye a su vez una prueba general de la viabilidad de considerar teorías alternativas al CAPM para explicar de mejor manera el proceso de generación de los rendimientos de los activos financieros del mercado mexicano y, por ende, del proceso de formación o fijación de sus precios. De manera concreta, se reitera, que en el estudio realizado fueron significativas dos de las variables propuestas por Stephen A. Ross y Richard Roll para verificar empíricamente la influencia de la inflación en la valuación de los activos financieros en condiciones de riesgo, por lo que la evidencia constituye también una prueba, por lo menos parcial, favorable a la APT.

Sin embargo el camino de la investigación empírica de la teoría de Ross (APT) no es fácil pues está sujeto al ineludible enfrentamiento con diversos problemas. Dedicamos algunos de los párrafos siguientes a la problemática que se encontró en esta investigación en relación con el modelo teórico formulado por Ross y que puede servir para el diseño de nuevos proyectos de investigación.

Destaca a simple vista que no todas las acciones analizadas en lo individual responden de igual forma a los diferentes factores que se han postulado como causales de su riesgo, ya que se pudo observar que no siempre están presentes los mismos factores en las ecuaciones que los relacionan con los rendimientos de los activos que se sometieron a estudio, situación que complica la interpretación de la prueba hecha utilizando los criterios de la teoría de Ross. Es decir, está presente el problema de origen en cuanto a la imprecisión en que está formulada la teoría de Ross respecto a los factores económicos clave que determinan el riesgo sistemático de los activos financieros. Esta laguna teórica implica una advertencia sobre el estado actual en que se encuentra el desarrollo teórico de la APT, haciendo evidente que falta aún mucho trabajo teórico y empírico sobre la misma para producir una teoría más acabada y, por tanto, de mayor alcance general.

No obstante, es conveniente no perder de vista que dicha teoría es, como muchas otras, una generalización que busca rescatar y poner a la vista los principales elementos y características del fenómeno estudiado y que, por lo tanto, sus afirmaciones pueden carecer de la precisión necesaria para realizar el trabajo empírico por quienes buscan aprovechar su capacidad explicativa de la realidad.

Sin embargo, el problema de la precisión puede constituirse en elemento limitante de la amplitud de su uso pues, al decidir valerse de ella, quien se encuentre interesado deberá optar por un intercambio entre el amplio nivel de generalidad que le ofrece la teoría y el alto grado de exactitud que para efectos prácticos pudiera requerir. Como un ejemplo de dicho dilema puede considerarse la situación que enfrentarían los analistas bursátiles o los administradores de portafolios, para quienes la afirmación de que el riesgo de los activos que analizan o administran se deriva de ciertos factores económicos no es suficiente, a menos que se puedan identificar tales factores.

Además, en el cuerpo teórico del presente trabajo se ha señalado que la debilidad atribuible a la APT por no señalar explícitamente cuales factores económicos son causales del riesgo sistemático, y por lo tanto de los rendimientos de los activos, paradójicamente también constituye una de sus principales ventajas. Esta ventaja es la libertad que ofrece para indagar en situaciones concretas, por lo que un investigador académico puede probar con factores económicos que se adapten de manera específica al contexto económico estructural y coyuntural del medio particular en que pretende realizar su investigación.

El gran esfuerzo teórico y empírico que seguramente pudieran requerir la identificación de los factores económicos específicos y la comprobación de sus efectos reales, tendría como recompensa la posibilidad de contribuir a la formación del cuerpo teórico adecuado a la realidad que le es impuesta al investigador por su propio entorno. Es importante destacar que estos esfuerzos son verdaderamente necesarios, si no es que imprescindibles, hoy en día en los llamados países con mercados de valores emergentes, que se caracterizan por los enormes beneficios y perjuicios que pueden observarse en sus economías como consecuencia del funcionamiento de dichos mercados.

También podría verse dicha libertad como una ventaja para el analista de valores y los administradores de portafolios pues, a cambio del esfuerzo para identificar los factores relevantes de casos particulares, esta flexibilidad de la APT puede facilitar el análisis del riesgo específico a que se encuentra sometido un activo individual o un portafolios y, por lo tanto, puede resultar de mucha utilidad para el diseño, instrumentación y monitoreo de inversiones, así como para el desarrollo de estrategias para la administración de riesgos.

Con base en lo hasta aquí expuesto, se podría considerar como algo necesario que la investigación de la teoría del portafolios de inversión se oriente fundamentalmente a la búsqueda de factores que puedan explicar de manera más general el proceso de generación de rendimientos de los activos financieros. Evidentemente, las líneas de investigación que pudieran desprenderse siguiendo esta propuesta deberán partir del, y

contribuir al desarrollo teórico de la economía financiera, por lo que también las contribuciones reales y potenciales de esta rama de la ciencia económica son decisivas para el desarrollo de la teoría relacionada con la fijación de precios y generación de rendimientos de los activos financieros. principal vehículo en la transmisión de los nuevos conocimientos.

Por lo que toca a los analistas de valores, las implicaciones de los resultados de este estudio pudieran ser señales de que para contar con una mejor perspectiva en la evaluación de activos financieros se tome en consideración que los factores de riesgo inherentes a la inversión no tienen exclusivamente una fuente y, por tanto, para desarrollar mejor su papel de consejeros del público inversionista deberán considerar de manera explícita esas fuentes.

APÉNDICE

A Datos utilizados en el estudio

A.1 Precios de cierre de fin de mes de las acciones de la muestra (p)

	1994											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	8.0	7.4	7.0	6.3	7.2	6.2	7.1	7.0	6.9	6.8	6.5	6.5
Cemex B	99.3	94.0	81.4	71.0	24.6	22.4	26.1	30.6	31.4	31.9	33.0	26.1
Cemex CPO	94.2	87.5	79.1	70.0	24.2	21.6	24.8	29.4	30.5	31.3	32.5	24.6
Cifra V	14.3	13.3	13.2	11.8	9.2	8.2	9.4	9.7	10.1	9.8	10.0	10.1
Cydsasa A	10.9	9.0	9.5	9.0	10.1	10.0	10.3	12.9	13.8	13.2	11.5	9.2
Gcc B	3.7	3.8	3.6	4.0	4.1	4.0	4.4	5.8	5.9	6.0	6.0	6.5
Gfb A	3.94	3.50	3.30	2.70	2.99	2.49	2.42	2.89	2.78	2.69	2.56	2.22
Gfnorte B	15.1	14.9	14.0	13.5	13.0	11.6	11.9	13.3	13.5	13.3	12.8	9.6
Gigante B	2.55	2.32	2.20	2.06	2.05	1.82	1.80	2.06	1.95	2.00	1.80	1.78
Ica	100.0	88.0	84.0	78.5	14.2	12.9	14.2	15.9	17.3	16.2	17.1	12.5
Kimber A	62.8	59.9	59.5	61.5	69.8	62.7	67.4	70.5	25.6	23.5	25.0	26.0
Kimber B	61.0	63.0	58.2	60.5	14.2	12.7	13.7	14.3	14.4	13.8	13.6	11.8
Kof L	3.6	3.3	3.1	3.4	3.4	2.9	3.5	3.9	4.1	3.5	3.6	4.0
Maseca B	5.8	5.3	5.2	5.4	6.1	5.4	5.2	6.1	6.1	6.1	6.2	5.5
Modema	26.6	22.2	21.1	21.4	23.9	21.1	20.4	23.8	24.0	23.8	24.4	21.5
Peñoles	8.8	9.2	9.6	9.5	9.9	9.5	9.3	9.3	9.8	12.0	10.8	13.7
Tamsa	20.0	19.0	17.0	15.9	18.4	19.6	19.0	19.0	18.8	19.0	17.0	23.9
Televisa CPO	109.5	102.0	87.0	86.0	96.5	86.2	95.0	99.7	98.8	76.0	78.1	78.5
Telmex A	11.4	10.8	10.0	9.6	10.3	9.5	10.3	10.7	10.6	9.5	9.3	10.3
Telmex L	11.4	10.8	10.0	9.6	10.3	9.5	10.4	10.6	10.6	9.6	9.3	10.2
Tolmex	44.0	44.3	42.3	39.3	38.0	34.3	40.8	47.0	51.5	50.0	50.1	42.0
Vitro	24.2	24.3	23.4	21.8	19.2	17.9	18.4	21.3	24.2	20.0	20.3	19.1

	1995											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	6.1	5.6	5.6	5.3	5.3	6.9	6.7	6.7	7.0	6.7	6.3	7.9
Cemex B	21.8	15.0	14.9	19.2	19.9	22.6	25.1	28.9	25.8	22.0	24.2	28.0
Cemex CPO	20.4	14.0	13.9	18.5	18.8	21.2	23.9	27.1	24.4	21.2	22.8	25.5
Cifra V	8.0	6.3	8.5	8.6	7.8	8.6	8.0	8.0	7.6	7.6	8.5	8.0
Cydsasa A	8.0	9.2	14.8	21.9	21.5	20.9	18.2	20.8	18.2	18.1	20.6	18.7
Gcc B	5.6	3.0	3.7	5.3	4.6	5.1	5.1	5.5	5.2	5.0	5.2	5.7
Gfb A	1.88	0.96	0.89	1.64	1.24	1.52	1.83	2.04	1.70	1.38	1.60	1.75
Gfnorte B	7.9	3.8	3.9	6.2	5.3	6.4	7.8	7.5	6.3	5.8	5.3	5.7
Gigante B	1.49	1.06	1.60	1.42	1.14	1.36	1.44	1.52	1.53	1.39	1.30	1.60
Ica	8.5	5.1	6.3	8.0	7.0	10.2	9.2	11.9	11.8	10.9	12.4	12.7
Kimber A	19.0	18.4	18.5	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	21.0	19.0	21.3	22.7
Kimber B	11.3	9.5	11.3	12.3	13.0	14.6	16.1	17.7	18.1	18.9	20.1	23.6
Kof L	3.5	2.9	4.1	3.9	3.5	4.4	4.8	4.9	4.1	4.2	5.1	4.7
Maseca B	5.3	3.9	4.5	4.8	5.0	6.0	6.4	6.8	6.9	6.4	7.0	7.8
Modema	20.8	15.2	17.8	18.8	19.4	23.6	25.1	26.6	26.9	25.0	27.5	29.7
Peñoles	14.4	12.0	13.9	15.2	17.4	18.7	20.7	23.5	24.0	26.8	32.9	32.0
Tamsa	17.0	19.9	24.0	28.0	31.0	30.5	38.6	43.0	39.0	48.7	53.0	56.3
Televisa CPO	66.0	51.0	57.4	58.5	50.5	64.0	69.5	73.1	63.5	61.9	81.5	91.0
Telmex A	10.0	8.3	9.7	9.1	8.7	9.2	10.1	10.2	10.2	9.8	12.5	12.4
Telmex L	10.0	8.3	9.6	9.0	8.7	9.2	10.1	10.2	10.2	9.8	12.5	12.4
Tolmex	22.4	15.5	15.5	20.0	23.0	24.4	29.0	35.9	32.2	26.8	30.5	34.7
Vitro	18.0	15.8	16.1	17.0	17.5	17.8	19.5	18.9	18.9	15.6	15.1	12.0

continúa...

1996

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	7.6	7.0	8.5	8.4	8.9	8.7	8.8	9.7	10.1	9.9	11.2	11.7
Cemex B	30.1	28.5	28.9	31.7	29.6	29.9	27.1	31.5	30.9	28.9	28.5	30.8
Cemex CPO	28.0	26.1	26.9	29.6	27.7	27.2	24.8	27.8	28.2	27.2	26.3	28.4
Cifra V	9.6	9.0	10.0	10.2	11.1	11.0	10.3	11.8	10.9	10.3	10.9	9.7
Cydsasa A	18.3	16.7	17.4	19.0	19.8	18.9	17.6	16.6	16.1	15.1	15.0	14.3
Gcc B	6.2	6.1	6.9	7.0	7.5	7.7	8.2	9.7	9.6	9.0	9.0	9.2
Gfb A	2.40	2.45	2.38	2.40	2.38	2.28	2.16	2.38	2.22	2.04	2.07	2.04
Gfnorte B	8.2	7.4	7.5	8.3	7.5	7.2	7.5	8.8	8.1	8.1	8.6	8.0
Gigante B	1.43	1.46	1.80	1.90	2.54	2.30	2.17	2.69	2.50	2.28	2.25	2.64
Ica	15.8	14.0	15.6	16.2	17.1	16.9	16.2	17.9	18.0	16.8	17.9	18.3
Kimber A	24.5	24.8	26.0	29.4	32.4	33.7	32.5	38.2	35.0	36.0	40.0	38.8
Kimber B	25.1	25.9	29.2	27.6	27.8	28.1	25.9	28.4	29.0	31.4	30.9	31.0
Kof L	6.2	5.6	5.7	6.6	7.2	7.2	6.0	6.5	5.9	6.2	7.1	7.5
Maseca B	8.6	8.3	8.7	8.8	8.9	8.7	8.2	9.1	9.6	9.8	9.8	10.0
Moderna	33.7	32.4	33.9	34.3	34.9	34.0	32.1	38.1	36.1	35.6	36.8	38.4
Peñoles	32.1	32.0	32.6	31.3	37.0	34.8	31.5	33.8	31.9	31.9	28.3	27.8
Tamsa	59.1	57.9	59.8	61.5	67.4	72.7	75.8	82.8	82.5	88.8	109.4	124.0
Televisa CPO	105.0	93.0	94.5	116.5	115.0	117.6	97.0	114.7	108.0	105.0	108.0	101.1
Telmex A	12.5	11.6	12.5	12.6	12.3	12.8	11.6	12.4	12.1	12.1	12.1	12.9
Telmex L	12.5	11.6	12.5	12.5	12.3	12.8	11.7	12.4	12.1	12.1	12.1	12.9
Ttoimex	37.8	35.5	38.0	38.5	39.0	36.0	33.0	39.0	37.0	34.0	28.0	30.0
Vitro	15.2	13.5	14.2	17.1	17.6	17.6	15.2	14.9	15.8	15.3	14.4	14.3

1997

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	11.7	12.6	12.2	12.4	13.1	14.2	15.6	15.8	17.8	15.8	16.8	19.5
Cemex B	32.1	34.5	31.9	29.1	32.4	38.7	38.7	42.9	46.5	36.8	40.6	43.1
Cemex CPO	29.4	32.0	29.0	26.0	29.6	34.5	39.2	38.0	40.8	33.2	35.5	36.5
Cifra V	10.5	12.4	11.0	12.2	13.6	14.8	15.1	14.9	18.4	16.7	17.6	19.9
Cydsasa A	19.8	19.8	20.0	19.1	17.8	21.7	26.0	23.5	26.5	21.3	22.7	22.5
Gcc B	8.8	8.8	7.8	7.7	7.9	9.4	10.8	9.0	10.6	8.1	9.4	9.9
Gfb A	1.95	1.97	1.85	1.77	1.72	2.30	3.17	3.35	3.54	2.84	2.99	3.20
Gfnorte B	8.3	8.6	8.2	7.8	7.3	8.3	11.8	12.0	15.0	11.5	11.3	14.1
Gigante B	2.36	2.35	2.42	2.53	2.45	3.00	3.15	2.90	3.57	2.52	2.98	3.50
Ica	18.9	20.8	19.9	18.7	18.1	20.1	24.0	20.5	22.6	18.8	21.6	21.8
Kimber A	38.5	38.5	38.0	37.0	38.0	45.8	44.0	46.8	49.0	45.2	50.0	39.5
Kimber B	32.9	34.7	31.9	29.5	27.4	32.0	36.0	36.7	40.0	37.1	36.1	38.0
Kof L	7.8	8.9	9.6	9.2	10.6	13.7	14.5	12.8	15.0	12.1	13.9	15.6
Maseca B	10.3	9.6	8.2	7.8	7.8	8.7	9.6	8.8	9.4	8.1	8.6	8.3
Moderna	44.2	41.6	40.0	40.8	39.0	42.2	43.4	41.5	42.8	41.0	40.0	43.9
Peñoles	33.0	36.5	38.8	37.2	37.5	37.9	35.5	35.0	37.5	33.2	33.8	36.5
Tamsa	136.4	130.5	135.0	132.0	139.2	145.8	149.9	141.2	180.8	171.5	183.0	173.9
Televisa CPO	102.0	96.1	99.0	91.8	113.3	121.0	119.6	128.1	138.1	131.0	152.0	157.1
Telmex A	14.7	15.5	15.5	16.5	17.5	19.0	19.0	17.9	20.1	18.2	20.4	22.7
Telmex L	14.8	15.4	15.2	16.5	17.6	19.0	21.6	18.0	20.2	18.3	20.6	22.8
Ttoimex	31.8	34.5	34.6	34.9	37.0	43.0	53.0	53.2	52.0	41.5	44.1	48.1
Vitro	17.9	22.1	19.5	21.1	22.9	29.5	35.5	34.3	39.7	33.0	35.2	35.5

continúa...

	1998											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	20.8	19.6	22.6	21.3	20.2	18.2	18.2	15.7	19.8	17.0	15.9	19.0
Cemex B	36.5	40.8	46.0	51.0	43.3	39.5	36.0	24.5	25.4	28.2	29.2	24.9
Cemex CPO	30.9	33.5	37.8	42.4	36.6	33.8	32.9	20.0	22.4	24.1	24.2	21.4
Cifra V	15.4	16.5	15.6	14.9	12.8	13.5	13.5	10.8	13.0	13.7	12.3	12.0
Cydsasa A	18.3	18.2	17.5	17.3	15.5	14.8	13.5	10.3	9.5	10.0	8.9	9.3
Gcc B	7.8	8.0	8.2	9.0	7.7	7.6	7.4	4.2	5.0	5.4	5.3	4.9
Gfb A	2.86	3.05	3.88	4.00	3.12	2.41	2.23	1.08	1.25	1.54	1.39	1.80
Gfnorte B	13.4	12.1	13.8	14.0	12.0	10.0	9.0	5.1	5.4	6.2	7.0	8.5
Gigante B	3.53	3.53	3.64	3.73	3.70	3.50	3.28	2.38	3.00	2.55	2.40	3.15
Ica	18.9	17.0	17.0	17.6	15.3	14.5	13.6	9.0	9.2	8.8	8.3	7.4
Kimber A	36.5	38.7	44.0	41.6	36.8	31.9	26.0	21.9	25.2	29.6	27.3	31.6
Kimber B	35.9	37.0	40.8	41.4	46.7	46.7	32.0	32.0	24.2	26.0	29.5	27.7
Kof L	15.8	16.1	17.4	14.4	15.1	15.5	15.8	11.0	12.4	16.4	15.0	13.2
Maseca B	6.4	6.9	6.5	6.1	5.0	6.5	7.0	4.2	6.9	8.2	8.9	8.0
Modema	38.6	43.0	42.1	42.5	41.7	52.2	58.0	59.9	60.4	60.0	58.5	58.4
Peñoles	31.8	36.0	35.5	35.0	30.2	28.5	29.0	23.9	31.0	30.9	31.0	29.8
Tamsa	139.5	148.6	158.5	156.0	131.0	115.0	88.5	47.0	70.5	85.2	75.0	64.0
Televisa CPO	133.9	149.5	158.7	174.0	173.2	168.0	155.6	85.0	97.0	137.0	129.0	124.8
Telmex A	20.6	21.6	24.4	24.0	21.4	21.5	22.4	18.8	22.5	26.4	24.3	24.6
Telmex L	20.9	21.4	24.1	24.0	21.1	21.6	22.2	17.7	22.9	26.4	23.1	24.4
Ttolmex	35.5	35.8	36.5	40.0	40.0	40.5	42.0	42.0	46.0	46.0	41.0	61.6
Vitro	32.1	32.2	34.0	31.5	24.8	19.0	19.8	12.5	14.6	14.6	16.0	14.9

A.2 Rendimientos mensuales de las acciones de la muestra (r_{it})⁶⁰

	1994											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	--	-7.1	-5.4	-10.5	12.6	-14.5	13.1	-1.0	-1.9	-1.0	-5.1	0.9
Cemex B	--	-5.5	-14.4	-13.7	-106.2	-8.9	15.1	15.7	2.6	1.7	3.4	-23.6
Cemex CPO	--	-7.4	-10.1	-12.2	-106.2	-11.1	13.6	17.2	3.5	2.6	3.9	-28.0
Cifra V	--	-7.2	-0.9	-11.4	-25.0	-11.1	13.9	3.3	3.4	-3.0	1.8	1.6
Cydsasa A	--	-19.6	5.8	-5.8	11.8	-1.3	2.7	22.6	6.6	-3.9	-14.2	-22.5
Gcc B	--	2.2	-3.2	8.7	4.2	-4.4	10.1	28.8	1.0	2.0	-0.3	8.0
Gfb A	--	-11.8	-5.9	-20.1	10.2	-18.3	-2.9	17.7	-3.9	-3.3	-5.0	-14.3
Gfnorte B	--	-1.5	-6.1	-3.6	-3.9	-11.1	2.0	11.7	1.2	-1.3	-4.3	-28.4
Gigante B	--	-9.5	-5.3	-6.6	-0.5	-11.9	-1.1	13.5	-5.5	2.5	-10.5	-1.1
Ica	--	-12.8	-4.7	-6.8	-170.6	-9.8	9.2	11.5	8.7	-6.6	4.9	-30.9
Kimber A	--	-4.7	-0.7	3.3	12.7	-10.7	7.2	4.5	-101.3	-8.6	6.2	3.9
Kimber B	--	3.2	-7.9	3.9	-145.2	-10.7	7.2	4.5	0.7	-4.0	-1.8	-13.9
Kof L	--	-9.8	-5.6	10.1	0.0	-17.8	18.1	13.3	3.2	-14.0	2.2	9.2
Maseca B	--	-9.0	-2.3	4.5	11.5	-11.9	-3.8	15.3	1.0	-0.8	2.8	-13.0
Modema	--	-18.3	-4.8	1.4	10.6	-12.0	-3.6	15.2	1.0	-0.8	2.7	-12.9
Peñoles	--	4.7	4.0	-1.0	3.7	-3.7	-2.6	0.0	5.7	20.3	-10.5	23.6
Tamsa	--	-5.1	-11.1	-6.7	14.6	6.4	-3.2	0.2	-1.3	1.1	-11.1	33.9
Televisa CPO	--	-7.1	-15.9	-1.2	11.5	-11.3	9.7	4.8	-0.9	-26.2	2.7	0.5
Telemex A	--	-5.8	-7.5	-4.7	7.5	-8.3	8.5	3.6	-1.1	-10.6	-2.6	10.0
Telmex L	--	-5.6	-7.5	-4.3	7.4	-8.3	8.7	2.1	0.8	-10.5	-3.2	9.8
Ttolmex	--	0.7	-4.6	-7.4	-3.4	-10.2	17.4	14.3	9.0	-3.0	0.2	-17.6
Vitro	--	0.4	-3.8	-7.3	-12.6	-8.7	2.5	14.9	12.5	-18.7	1.4	-6.1

continúa...

⁶⁰ $r_{it} = \ln(p_t/p_{t-1})$, \ln =logaritmo natural, p_t =precio de cierre de la acción en el día final del mes t , p_{t-1} =precio de cierre de la acción en el día final del mes $t-1$

1995

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	-6.3	-9.0	0.2	-5.3	0.0	26.0	-2.9	-0.7	5.3	-5.3	-6.0	22.7
Cemex B	-17.8	-37.7	-0.3	25.2	3.6	12.7	10.5	13.9	-11.2	-15.9	9.5	14.6
Cemex CPO	-18.7	-37.6	-0.6	28.3	1.8	11.9	11.8	13.0	-10.7	-13.8	7.0	11.2
Cifra V	-23.5	-23.9	30.0	1.2	-9.8	9.8	-7.2	0.0	-5.1	-0.3	11.5	-5.8
Cydsasa A	-13.6	13.6	48.1	39.2	-2.1	-3.1	-13.6	13.4	-13.4	-0.6	12.9	-9.7
Gcc B	-14.2	-63.1	21.0	35.2	-13.0	10.3	-0.4	8.3	-6.3	-3.9	3.5	10.3
Gfb A	-16.6	-67.2	-7.6	61.1	-28.0	20.4	18.6	10.9	-18.2	-20.9	14.8	9.0
Gfnorte B	-20.1	-72.4	2.1	46.6	-15.3	19.0	18.9	-2.9	-17.5	-8.2	-9.5	7.8
Gigante B	-17.8	-34.1	41.2	-11.9	-22.0	17.6	5.7	5.4	0.7	-9.6	-6.7	20.8
Ica	-39.0	-50.5	21.4	23.3	-13.9	37.9	-9.8	25.4	-0.8	-7.7	13.0	1.8
Kimber A	-31.5	-3.1	0.5	-2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	-9.8	11.2	6.4
Kimber B	-4.4	-17.6	17.8	7.9	5.8	11.3	10.2	9.2	2.0	4.4	6.3	16.2
Kof L	-13.2	-17.9	35.3	-5.7	-11.7	24.4	7.0	2.7	-17.4	3.3	18.2	-8.2
Maseca B	-3.2	-31.4	15.7	5.4	3.3	19.4	6.3	5.9	1.3	-7.5	9.6	7.7
Modema	-3.3	-31.4	15.7	5.4	3.4	19.4	6.4	5.8	1.3	-7.5	9.5	7.7
Pefoles	5.0	-18.4	15.2	8.8	13.5	7.0	10.4	12.7	2.1	11.0	20.4	-2.6
Tamsa	-33.6	15.5	18.7	15.4	10.2	-1.6	23.6	10.8	-9.8	22.2	8.5	6.0
Televisa CPO	-17.3	-25.8	11.8	1.9	-14.7	23.7	8.2	5.1	-14.1	-2.6	27.5	11.0
Telemex A	-3.0	-18.0	15.3	-6.4	-5.0	6.3	9.1	1.0	0.2	-4.6	24.7	-0.8
Telmex L	-2.0	-18.8	14.3	-6.7	-3.2	5.8	9.5	1.0	-0.2	-4.0	24.0	-1.0
Ttoimex	-62.9	-37.0	0.0	25.6	14.0	5.9	17.3	21.3	-10.9	-18.5	13.1	12.9
Vitro	-6.1	-12.9	1.4	6.0	2.5	1.8	9.1	-3.1	-10.9	-8.0	-3.5	-23.0

1996

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	-3.5	-7.8	19.1	-1.4	6.1	-2.3	0.3	10.7	3.2	-1.3	11.8	4.5
Cemex B	7.2	-5.5	1.4	9.2	-6.9	1.2	-10.0	15.0	-1.9	-6.7	-1.4	7.8
Cemex CPO	9.4	-6.8	2.6	9.9	-6.8	-1.8	-9.2	11.4	1.4	-3.4	-3.5	7.7
Cifra V	17.8	-6.2	10.3	2.6	7.9	-0.9	-6.6	14.0	-8.5	-5.5	5.7	-11.5
Cydsasa A	-2.2	-8.9	3.9	8.8	4.1	-4.8	-7.0	-5.8	-3.1	-6.4	-0.7	-4.8
Gcc B	7.1	-1.6	13.0	1.2	6.9	3.2	6.0	16.8	-1.0	-6.5	-0.4	2.2
Gfb A	31.6	2.1	-2.9	0.8	-0.8	-4.3	-5.4	9.7	-7.0	-8.5	1.5	-1.5
Gfnorte B	35.5	-9.6	1.1	9.5	-9.8	-3.5	3.5	15.8	-8.1	-0.2	6.2	-7.7
Gigante B	-11.2	2.1	20.9	5.4	29.0	-9.9	-5.8	21.5	-7.3	-9.2	-1.3	16.0
Ica	22.3	-12.6	11.3	3.6	5.5	-1.6	-4.2	10.3	0.7	-7.2	6.4	2.1
Kimber A	7.6	1.2	4.7	12.3	9.7	3.9	-3.5	16.0	-8.7	2.8	10.4	-2.9
Kimber B	5.9	3.2	12.2	-5.7	0.9	0.9	-8.2	9.3	2.2	8.0	-1.6	0.3
Kof L	27.4	-9.9	1.2	15.0	8.7	0.0	-17.6	8.0	-10.1	5.4	13.4	5.9
Maseca B	12.6	-3.9	4.5	1.1	1.7	-2.7	-5.6	10.5	5.3	1.9	0.4	1.4
Modema	12.6	-3.9	4.5	1.2	1.7	-2.8	-5.6	17.3	-5.4	-1.5	3.2	4.4
Pefoles	0.3	-0.3	1.9	-4.1	16.6	-6.0	-10.0	7.0	-5.6	-0.2	-12.0	-1.8
Tamsa	4.9	-2.1	3.2	2.8	9.2	7.6	4.2	8.8	-0.4	7.4	20.9	12.5
Televisa CPO	14.3	-12.1	1.6	20.9	-1.3	2.2	-19.3	16.8	-6.0	-2.8	2.8	-6.6
Telemex A	0.6	-7.3	7.8	0.6	-2.7	4.3	-10.2	7.0	-2.6	-0.3	0.0	6.7
Telmex L	1.4	-7.6	7.1	0.5	-2.1	4.5	-8.3	5.8	-2.6	0.5	-0.5	6.6
Ttoimex	8.6	-6.3	6.8	1.3	1.3	-8.0	-8.7	16.7	-5.3	-8.5	-19.4	6.9
Vitro	23.4	-11.6	5.3	18.3	2.9	0.0	-14.4	-2.3	5.7	-3.1	-6.1	-0.7

continúa...

1997

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	0.3	6.8	-3.0	2.0	5.2	8.3	9.4	0.8	12.0	-11.8	6.0	15.2
Cemex B	4.1	7.2	-7.8	-9.2	10.7	17.8	0.0	10.3	8.2	-23.5	9.8	6.0
Cemex CPO	3.5	8.5	-9.8	-10.9	13.0	15.3	12.8	-3.1	7.1	-20.6	6.7	2.9
Cifra V	8.1	16.1	-11.7	10.4	10.6	8.8	1.7	-1.3	21.3	-9.7	5.4	12.3
Cydsasa A	32.5	0.0	1.0	-4.6	-7.0	19.8	18.1	-10.1	12.0	-21.8	6.4	-0.9
Gcc B	-4.0	-0.2	-11.8	-1.8	3.3	16.7	14.1	-18.3	16.4	-27.0	15.1	4.8
Gfb A	-4.5	1.0	-6.3	-4.4	-2.9	29.1	32.1	5.5	5.5	-22.0	5.1	6.8
Gfnorte B	4.2	4.0	-5.2	-5.5	-6.1	12.4	35.5	1.7	22.2	-26.3	-1.8	21.9
Gigante B	-11.2	-0.4	2.9	4.4	-3.2	20.3	4.9	-8.3	20.8	-34.8	16.8	16.1
Ica	3.2	9.8	-4.5	-6.2	-3.4	10.7	17.6	-15.8	9.8	-18.3	13.5	0.9
Kimber A	-0.8	0.0	-1.3	-2.7	2.5	18.8	-4.0	6.2	4.6	-8.1	10.1	-23.6
Kimber B	5.7	5.5	-8.5	-7.8	-7.4	15.5	11.8	1.9	8.6	-7.5	-2.7	5.1
Kof L	3.9	12.9	7.2	-3.8	13.7	25.7	5.7	-12.1	15.3	-21.4	14.0	11.3
Maseca B	3.4	-7.2	-16.0	-5.0	0.5	10.9	9.8	-8.7	6.4	-14.7	5.5	-2.6
Moderna	14.1	-6.1	-3.9	2.0	-4.5	8.0	2.6	-4.4	3.0	-4.2	-2.5	9.3
Peñoles	17.1	9.9	6.2	-4.2	0.8	1.1	-6.5	-1.6	7.0	-12.0	1.6	7.7
Tamsa	9.5	-4.4	3.4	-2.2	5.3	4.8	2.8	-6.0	24.7	-5.3	6.5	-5.1
Televisa CPO	0.9	-6.0	3.0	-7.6	21.0	6.6	-1.2	6.9	7.5	-5.3	14.9	3.3
Telemex A	13.1	5.0	0.3	6.3	5.9	8.2	0.0	-6.0	11.8	-10.3	11.3	10.9
Teimex L	13.6	4.1	-1.2	7.8	6.6	7.9	12.7	-18.2	11.8	-10.3	12.1	9.9
Ttolmex	5.8	8.1	0.3	0.9	5.8	15.0	20.9	0.4	-2.3	-22.6	6.1	4.4
Vitro	22.2	21.3	-12.5	7.9	8.2	25.3	18.5	-3.4	14.6	-18.5	6.5	1.0

1998

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	6.2	-5.5	14.1	-5.9	-5.3	-10.4	0.0	-14.8	23.2	-15.2	-6.8	17.9
Cemex B	-16.6	11.1	12.0	10.3	-16.4	-9.2	-9.3	-36.5	3.8	10.3	3.5	-16.1
Cemex CPO	-16.8	8.2	11.9	11.5	-14.7	-8.1	-2.6	-49.8	11.6	7.1	0.4	-12.5
Cifra V	-25.8	6.9	-5.6	-4.5	-15.0	5.2	0.0	-22.3	18.2	5.6	-10.6	-2.6
Cydsasa A	-20.8	-0.5	-3.8	-1.1	-11.0	-4.6	-9.2	-27.1	-8.3	5.1	-11.5	4.8
Gcc B	-23.7	2.8	2.7	9.5	-16.3	-0.5	-3.2	-56.6	17.4	8.1	-2.2	-7.8
Gfb A	-11.2	6.4	24.1	3.0	-24.8	-25.8	-7.8	-72.5	14.6	20.9	-10.2	25.8
Gfnorte B	-4.8	-10.2	13.1	1.4	-15.4	-18.2	-10.1	-57.2	5.7	13.2	12.8	19.4
Gigante B	0.9	0.0	3.1	2.4	-0.8	-5.6	-6.5	-32.1	23.2	-16.3	-6.1	27.2
Ica	-13.9	-10.9	0.2	3.4	-13.6	-5.6	-6.6	-41.1	2.2	-4.4	-5.8	-11.5
Kimber A	-7.8	5.7	12.8	-5.5	-12.4	-14.3	-20.5	-17.2	14.2	15.9	-8.1	14.6
Kimber B	-5.8	3.2	9.8	1.3	12.2	0.0	-37.8	0.0	-27.7	7.0	12.6	-6.3
Kof L	1.5	2.0	7.7	-18.6	4.4	2.5	1.8	-36.1	11.8	28.3	-9.1	-12.5
Maseca B	-25.9	6.9	-6.0	-6.0	-19.8	26.5	6.5	-52.0	50.8	17.3	8.6	-11.1
Moderna	-12.9	10.7	-1.9	0.7	-1.8	22.5	10.5	3.2	0.8	-0.7	-2.5	-0.2
Peñoles	-13.8	12.4	-1.4	-1.4	-14.8	-5.8	1.7	-19.3	26.0	-0.3	0.3	-3.9
Tamsa	-22.0	6.3	6.4	-1.6	-17.5	-13.0	-26.2	-63.3	40.5	18.9	-12.8	-15.9
Televisa CPO	-16.0	11.0	4.7	10.5	-0.5	-3.0	-7.7	-60.5	13.2	34.5	-6.0	-3.3
Teimex A	-9.5	4.3	12.2	-1.4	-11.5	0.5	3.9	-17.1	17.8	15.8	-8.1	1.4
Teimex L	-8.2	2.1	11.9	-0.4	-12.6	2.1	2.7	-22.7	25.8	14.2	-13.6	5.7
Ttolmex	-26.1	0.8	1.9	9.2	0.1	1.1	3.6	0.0	9.1	0.0	-11.5	40.7
Vitro	-10.2	0.3	5.3	-7.5	-23.9	-26.6	4.1	-45.8	15.4	0.0	9.2	-7.1

A.3 Rendimientos en exceso ($r_{it} - r_{ft}$)⁶¹

1994												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	-	-7.9	-6.2	-11.8	11.2	-15.8	11.7	-2.2	-3.0	-2.2	-6.3	-0.6
Cemex B	-	-6.3	-15.2	-15.0	-107.6	-10.3	13.6	14.5	1.4	0.6	2.2	-25.2
Cemex CPO	-	-8.2	-10.9	-13.5	-107.6	-12.5	12.2	16.0	2.4	1.5	2.8	-29.5
Cifra V	-	-8.0	-1.7	-12.7	-26.3	-12.4	12.4	2.1	2.3	-4.2	0.7	0.1
Cydsasa	-	-20.4	5.0	-7.1	10.5	-2.6	1.2	21.4	5.5	-5.0	-15.3	-24.0
Gcc B	-	1.4	-4.1	7.4	2.8	-5.8	8.7	27.6	-0.1	0.9	-1.5	6.5
Gfb A	-	-12.6	-6.7	-21.4	8.8	-19.6	-4.3	16.5	-5.0	-4.4	-6.1	-15.8
Gfnorte B	-	-2.3	-6.9	-5.0	-5.2	-12.4	0.6	10.5	0.0	-2.4	-5.4	-30.0
Gigante B	-	-10.2	-6.1	-7.9	-1.8	-13.2	-2.5	12.3	-6.6	1.4	-11.7	-2.7
Ica	-	-13.6	-5.5	-8.1	-172.0	-11.1	7.8	10.3	7.5	-7.7	3.7	-32.4
Kimber A	-	-5.5	-1.5	2.0	11.3	-12.1	5.8	3.3	-102.4	-9.7	5.0	2.4
Kimber B	-	2.4	-8.7	2.6	-146.6	-12.1	5.8	3.3	-0.4	-5.2	-2.9	-15.4
Kof L	-	-10.62	-6.44	8.77	-1.36	-19.12	16.64	12.08	2.10	-15.08	1.09	7.69
Masaca B	-	-9.8	-3.1	3.2	10.1	-13.2	-5.2	14.1	-0.2	-2.0	1.6	-14.5
Moderna	-	-19.1	-5.7	0.1	9.2	-13.4	-5.0	14.0	-0.1	-2.0	1.5	-14.4
Pefoles	-	3.9	3.2	-2.4	2.4	-5.1	-4.0	-1.2	4.5	19.1	-11.7	22.1
Tamsa	-	-5.9	-11.9	-8.0	13.2	5.1	-4.6	-1.0	-2.4	-0.1	-12.3	32.3
Televisa CPO	-	-7.9	-16.7	-2.5	10.2	-12.6	8.3	3.6	-2.1	-27.4	1.6	-1.0
Telmex A	-	-6.6	-8.3	-6.0	6.1	-9.6	7.1	2.4	-2.3	-11.7	-3.7	8.5
Telmex L	-	-6.4	-8.3	-5.6	6.1	-9.6	7.2	0.9	-0.6	-11.6	-4.3	8.3
Ttolmex	-	-0.1	-5.4	-8.7	-4.7	-11.6	15.9	13.0	7.9	-4.1	-0.9	-19.2
Vitro	-	-0.4	-4.6	-8.6	-14.0	-8.1	1.1	13.7	11.4	-19.9	0.3	-7.6

1995												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	-9.4	-12.5	-5.6	-11.5	-4.9	22.0	-8.3	-3.7	2.5	-8.6	-10.5	18.7
Cemex B	-20.9	-41.1	-6.1	19.0	-1.3	8.8	7.1	11.0	-14.0	-19.3	5.1	10.5
Cemex CPO	-21.8	-41.1	-6.4	22.1	-3.1	8.0	8.4	10.0	-13.5	-17.2	2.6	7.1
Cifra V	-26.6	-27.4	24.2	-5.1	-14.7	5.8	-10.6	-2.9	-7.9	-3.6	7.0	-9.9
Cydsasa	-16.8	10.2	42.3	33.0	-7.0	-7.0	-17.0	10.4	-16.1	-3.9	8.5	-13.7
Gcc B	-17.3	-66.6	15.2	29.0	-17.9	6.3	-3.8	5.3	-9.1	-7.3	-0.9	6.2
Gfb A	-19.7	-70.7	-13.4	54.9	-32.9	16.4	15.1	7.9	-21.0	-24.2	10.4	4.9
Gfnorte B	-23.2	-75.9	-3.7	40.4	-20.2	15.0	15.5	-5.8	-20.3	-11.6	-13.9	3.7
Gigante B	-20.9	-37.5	35.4	-18.2	-26.9	13.7	2.3	2.5	-2.1	-13.0	-11.1	16.7
Ica	-42.1	-53.9	15.6	17.0	-18.9	34.0	-13.2	22.5	-3.6	-11.0	8.6	-2.3
Kimber A	-34.6	-6.6	-5.3	-9.0	-4.9	-3.9	-3.4	-2.9	12.6	-13.2	6.8	2.3
Kimber B	-7.5	-21.1	12.0	1.7	0.8	7.4	6.8	6.3	-0.8	1.0	1.8	12.1
Kof L	-16.28	-21.36	28.46	-11.95	-16.58	20.42	3.55	-0.23	-20.17	-0.01	13.80	-12.22
Masaca B	-6.3	-34.8	9.9	-0.9	-1.6	15.5	2.9	3.0	-1.5	-10.9	5.1	3.6
Moderna	-6.4	-34.8	9.9	-0.9	-1.6	15.4	3.0	2.9	-1.5	-10.9	5.1	3.6
Pefoles	1.9	-21.9	8.4	2.6	8.6	3.1	7.0	9.8	-0.7	7.7	15.9	-6.7
Tamsa	-36.7	12.0	12.9	9.2	5.2	-5.6	20.1	7.9	-12.6	18.9	4.0	2.0
Televisa CPO	-20.4	-29.3	6.0	-4.3	-19.6	19.8	4.8	2.1	-16.9	-5.9	23.1	7.0
Telmex A	-6.1	-21.5	9.6	-12.6	-9.8	2.3	5.7	-1.9	-2.6	-8.0	20.3	-4.9
Telmex L	-5.1	-22.3	8.5	-12.9	-8.1	1.9	6.1	-1.9	-3.0	-7.4	19.5	-5.0
Ttolmex	-66.0	-40.4	-5.8	19.4	9.0	2.0	13.9	18.4	-13.7	-21.9	8.7	8.8
Vitro	-9.2	-16.4	-4.4	-0.2	-2.4	-2.1	5.7	-6.1	-13.7	-11.3	-7.9	-27.0

continúa...

$${}^{61} r_{it} = \ln(p_t/p_{t-1}), r_{ft} = \left(\frac{\text{CETES}_t - \text{CETES}_{t-1}}{\text{CETES}_{t-1}} \right) \frac{30}{360}$$

1996

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	-6.9	-11.0	15.7	-4.4	3.8	-4.6	-2.3	8.5	1.2	-3.4	9.3	2.2
Cemex B	3.8	-8.7	-2.1	6.3	-9.2	-1.1	-12.6	12.8	-3.9	-8.8	-3.9	5.5
Cemex CPO	5.9	-10.1	-0.8	7.0	-9.2	-4.1	-11.8	9.2	-0.6	-5.6	-6.0	5.4
Cifra V	14.4	-9.5	6.9	-0.4	5.5	-3.2	-9.2	11.8	-10.5	-7.6	3.2	-13.7
Cydsasa	-5.6	-12.1	0.4	5.9	1.8	-7.1	-9.6	-8.1	-5.1	-8.6	-3.1	-7.0
Gcc B	3.6	-4.9	9.5	-1.8	4.5	0.8	3.4	14.6	-3.0	-8.6	-2.9	-0.1
Gfb A	28.2	-1.2	-6.4	-2.1	-3.2	-6.6	-8.0	7.5	-9.0	-10.6	-1.0	-3.7
Gfnorte B	32.1	-12.8	-2.4	6.6	-12.1	-5.8	0.9	13.5	-10.1	-2.4	3.8	-10.0
Gigante B	-14.6	-1.1	17.5	2.5	26.7	-12.2	-8.4	19.3	-9.3	-11.4	-3.8	13.7
Ica	18.9	-15.8	7.8	0.6	3.2	-3.9	-6.8	8.1	-1.3	-9.3	3.9	-0.2
Kimber A	4.2	-2.0	1.3	9.4	7.3	1.6	-6.1	13.8	-10.7	0.7	7.9	-5.2
Kimber B	2.5	0.0	8.7	-8.6	-1.5	-1.4	-10.8	7.1	0.2	5.8	-4.0	-2.0
Kof L	23.96	-13.07	-2.21	12.10	6.34	-2.32	-20.20	5.76	-12.14	3.30	10.89	3.59
Maseca B	9.2	-7.1	1.0	-1.8	-0.7	-5.1	-8.2	8.3	3.4	-0.3	-2.1	-0.9
Moderna	9.2	-7.1	1.1	-1.8	-0.6	-5.1	-8.2	15.1	-7.4	-3.7	0.7	2.1
Peñoles	-3.1	-3.5	-1.6	-7.0	14.2	-8.3	-12.6	4.8	-7.6	-2.3	-14.4	-4.1
Tamsa	1.4	-5.3	-0.2	-0.1	6.8	5.3	1.6	6.6	-2.4	5.2	18.4	10.3
Televisa CPO	10.9	-15.4	-1.9	18.0	-3.7	-0.1	-21.9	14.6	-8.0	-5.0	0.4	-8.9
Telmex A	-2.8	-10.5	4.3	-2.3	-5.1	2.0	-12.8	4.8	-4.6	-2.5	-2.5	4.5
Telmex L	-2.0	-10.8	3.7	-2.5	-4.5	2.1	-11.9	3.6	-4.6	-1.7	-3.0	4.3
Ttolmex	5.1	-9.5	3.4	-1.6	-1.1	-10.3	-11.3	14.5	-7.3	-10.6	-21.9	4.6
Vitro	20.0	-14.8	1.9	15.4	0.5	-2.3	-17.0	-4.5	3.7	-5.2	-8.5	-3.0

1997

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	-1.6	5.2	-4.8	0.3	3.7	6.6	7.8	-0.8	10.5	-13.3	4.3	13.6
Cemex B	2.2	5.6	-9.6	-11.0	9.2	16.1	-1.6	8.7	6.7	-25.0	8.1	4.4
Cemex CPO	1.5	6.8	-11.6	-12.7	11.4	13.6	11.2	-4.7	5.6	-22.1	5.0	1.3
Cifra V	6.2	14.5	-13.5	8.6	9.0	7.1	0.2	-2.9	19.8	-11.2	3.7	10.7
Cydsasa	30.6	-1.7	-0.8	-6.4	-8.6	18.1	16.5	-11.7	10.5	-23.3	4.7	-2.5
Gcc B	-8.0	-1.9	-13.6	-3.6	1.8	15.0	12.6	-19.8	14.9	-28.5	13.5	3.2
Gfb A	-8.5	-0.6	-8.1	-6.2	-4.4	27.4	30.5	3.9	4.0	-23.5	3.5	5.2
Gfnorte B	2.2	2.4	-7.0	-7.3	-7.6	10.7	33.9	0.1	20.7	-27.8	-3.4	20.3
Gigante B	-13.2	-2.1	1.1	2.7	-4.7	18.6	3.3	-9.8	19.3	-36.3	15.1	14.5
Ica	1.2	8.2	-6.3	-7.9	-4.9	9.1	16.0	-17.3	8.3	-19.8	11.9	-0.6
Kimber A	-2.7	-1.7	-3.1	-4.4	1.0	17.1	-5.8	4.6	3.1	-9.6	8.4	-25.1
Kimber B	3.8	3.9	-10.3	-9.6	-8.9	13.8	10.2	0.3	7.1	-9.0	-4.4	3.6
Kof L	1.93	11.24	5.43	-5.60	12.20	24.05	4.10	-13.73	13.77	-22.86	12.34	9.70
Maseca B	1.4	-8.9	-17.8	-6.8	-1.0	9.2	8.3	-10.3	4.9	-16.2	3.8	-4.2
Moderna	12.1	-7.7	-5.7	0.2	-6.0	6.3	1.0	-5.9	1.5	-5.7	-4.1	7.7
Peñoles	15.2	8.3	4.4	-6.0	-0.7	-0.8	-8.1	-3.1	5.5	-13.5	0.0	6.1
Tamsa	7.6	-6.1	1.6	-4.0	3.8	3.0	1.2	-7.6	23.2	-6.8	4.8	-6.7
Televisa CPO	-1.1	-7.6	1.2	-9.3	19.5	4.9	-2.7	5.3	6.0	-6.8	13.2	1.7
Telmex A	11.1	3.4	-1.5	4.5	4.3	6.5	-1.6	-7.5	10.3	-11.8	9.6	9.4
Telmex L	11.8	2.5	-3.0	8.1	5.0	8.2	11.2	-19.8	10.3	-11.8	10.4	8.4
Ttolmex	3.9	6.5	-1.5	-0.9	4.3	13.3	19.3	-1.2	-3.8	-24.0	4.4	2.9
Vitro	20.3	19.7	-14.3	6.1	6.7	23.6	18.9	-5.0	13.1	-20.0	4.8	-0.6

continúa...

	1998											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bimbo A	4.7	-7.1	12.4	-7.5	-6.8	-12.1	-1.7	-16.7	19.8	-18.2	-9.5	15.1
Cemex B	-18.1	9.6	10.3	8.7	-17.9	-10.8	-11.0	-40.4	0.4	7.4	0.8	-18.9
Cemex CPO	-18.3	6.7	10.3	9.9	-16.2	-9.7	-4.2	-51.7	8.2	4.2	-2.3	-15.3
Cifra V	-27.3	5.3	-7.3	-6.0	-16.5	3.5	-1.7	-24.2	14.8	2.6	-13.3	-5.4
Cydsasa	-22.3	-2.1	-5.5	-2.7	-12.5	-6.2	-10.9	-28.9	-11.7	2.2	-14.1	2.0
Gcc B	-25.2	1.2	1.1	7.9	-17.8	-2.1	-4.9	-58.5	14.0	5.2	-4.9	-10.7
Gfb A	-12.7	4.9	22.4	1.5	-26.3	-27.4	-9.4	-74.4	11.2	18.0	-12.9	23.0
Gfnorte B	-6.3	-11.8	11.5	-0.1	-16.9	-19.9	-11.8	-59.1	2.3	10.3	10.1	16.6
Gigante B	-0.6	-1.6	1.4	0.9	-2.3	-7.2	-8.2	-34.0	19.8	-19.2	-8.7	24.4
Ica	-15.4	-12.5	-1.4	1.8	-15.1	-7.3	-8.2	-43.0	-1.2	-7.4	-8.5	-14.3
Kimber A	-9.3	4.2	11.2	-7.1	-13.9	-15.9	-22.1	-19.0	10.8	13.0	-10.8	11.8
Kimber B	-7.3	1.6	8.1	-0.2	10.7	-1.6	-39.5	-1.9	-31.1	4.1	10.0	-9.1
Kof L	-0.03	0.44	6.04	-20.22	2.91	0.86	0.12	-38.03	8.44	25.38	-11.73	-15.30
Maseca B	-27.3	5.3	-7.6	-7.6	-21.3	24.8	4.8	-53.9	47.4	14.4	6.0	-13.9
Moderna	-14.4	9.1	-3.5	-0.9	-3.3	20.8	8.9	1.3	-2.6	-3.6	-5.2	-3.0
Pefoles	-15.3	10.8	-3.1	-3.0	-16.2	-7.4	0.1	-21.2	22.6	-3.2	-2.4	-6.8
Tamsa	-23.5	4.8	4.8	-3.2	-19.0	-14.7	-27.9	-65.2	37.1	16.0	-15.4	-18.7
Televisa CPO	-17.5	9.5	3.0	8.9	-2.0	-4.7	-9.3	-62.4	9.8	31.6	-8.7	-6.1
Telmex A	-11.0	2.7	10.6	-3.0	-13.0	-1.2	2.2	-19.0	14.4	12.9	-10.8	-1.4
Telmex L	-9.7	0.6	10.2	-2.0	-14.1	0.5	1.1	-24.5	22.4	11.3	-16.2	2.9
Telmex	-27.6	-0.7	0.3	7.6	-1.4	-0.5	2.0	-1.9	5.7	-2.9	-14.2	37.9
Vitro	-11.7	-1.3	3.6	-9.1	-25.4	-28.3	2.5	-47.7	12.0	-2.9	6.5	-9.9

A.4 Otras variables económicas y financieras

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		1994										
IPC	2718.4	2585.4	2410.4	2294.1	2483.7	2262.6	2462.3	2702.7	2746.1	2552.1	2591.3	2375.7
CETES	18.5	9.4	9.7	15.8	16.4	16.2	17.1	14.5	13.8	13.6	13.7	18.5
CPP	13.2	12.0	11.5	14.2	17.0	17.2	17.8	17.2	16.7	16.0	16.3	17.0
INPC	97.2	97.7	98.2	98.7	99.2	99.7	100.1	100.6	101.3	101.8	102.4	103.3
IVPI	98.7	96.6	106.4	105.9	105.4	108.8	103.6	107.9	104.5	108.6	107.8	103.4
TCO	3.09	3.09	3.10	3.10	3.12	3.12	3.12	3.11	3.12	3.12	3.11	3.11
	1995											
IPC	2094.0	1549.8	1832.8	1960.5	1945.1	2196.1	2375.2	2517.0	2392.3	2302.0	2689.0	2778.5
CETES	37.2	41.7	89.5	74.8	59.2	47.2	40.9	35.1	33.5	40.3	53.2	48.6
CPP	29.9	36.0	56.8	70.3	57.9	48.4	41.4	37.1	34.6	37.1	47.5	46.5
INPC	107.1	111.7	118.3	127.7	133.0	137.3	140.0	142.4	145.3	148.3	152.0	156.9
IVPI	101.8	94.6	101.6	91.4	96.1	95.1	91.6	96.8	94.0	98.7	99.6	99.3
TCO	3.11	3.21	3.36	3.27	3.31	3.39	3.40	3.38	3.40	3.43	3.45	5.33
	1996											
IPC	3034.7	2832.5	3072.4	3187.2	3205.5	3210.8	3007.2	3305.5	3236.3	3213.3	3291.7	3361.0
CETES	41.0	38.6	41.5	35.2	28.4	27.8	31.2	28.5	23.9	25.6	29.6	27.2
CPP	40.2	35.9	39.1	35.2	29.4	27.1	29.2	27.5	24.9	25.0	28.0	27.0
INPC	162.6	166.3	170.0	174.8	178.0	180.9	183.5	185.9	188.9	191.3	194.2	200.4
IVPI	101.8	100.2	105.2	101.1	107.0	107.0	106.2	106.8	109.4	113.5	111.1	110.0
TCO	5.70	5.84	6.82	5.79	6.18	6.31	6.09	6.31	6.42	7.17	7.65	7.84
	1997											
IPC	3847.2	3841.0	3748.0	3756.6	3968.8	4458.0	5067.8	4648.4	5321.5	4847.8	4974.6	5229.4
CETES	23.6	19.8	21.7	21.4	18.4	20.2	18.8	16.9	18.0	17.9	20.2	18.9
CPP	25.3	21.1	21.1	21.1	18.7	18.8	18.1	17.3	17.2	16.6	17.7	17.8
INPC	205.5	209.0	211.6	213.9	215.8	217.7	219.6	221.6	224.4	226.2	228.7	231.9
IVPI	110.0	108.2	110.5	116.6	116.3	116.6	117.7	118.4	118.3	126.2	119.5	118.6
TCO	7.39	7.54	7.55	7.40	7.41	7.61	7.61	7.49	7.54	7.92	7.87	7.85

continúa...

1998

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
IPC	4569.4	4784.5	5016.2	5098.5	4530.0	4282.6	4245.0	2991.9	3569.9	4074.9	3769.9	3969.7
CETES	17.9	18.7	19.9	19.0	17.9	19.5	20.1	22.6	40.8	34.9	32.1	33.7
CPP	17.0	17.0	17.4	17.7	16.9	17.2	17.8	19.1	27.5	29.3	27.8	28.6
INPC	236.9	241.1	243.9	246.2	248.1	251.1	253.5	255.9	260.1	263.8	268.5	275.0
IVPI	118.6	116.0	128.0	120.2	123.6	126.2	125.2	126.3	125.7	129.7	123.8	123.8
TCO	7.84	7.78	7.89	7.93	7.91	7.96	7.81	7.75	7.82	8.10	8.20	8.08

IPC = Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores a fin de mes
 CETES = Tasa de rendimiento del Certificado de la Tesorería de la Federación a fin de mes
 CPP = Costo porcentual promedio al final del mes
 INPC = Índice Nacional de Precios al Consumidor
 IVPI = Índice del volumen de producción industrial
 TCO = tipo de cambio oficial al final del mes

B Estimación de la regresión lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO)

A partir de un conjunto de n observaciones de valores correspondientes a la variable dependiente, Y , y de valores de las k variables independientes, x 's, definida una relación de asociación lineal, la función correspondiente puede escribirse como

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_i \quad i=1,2,3,\dots,n,$$

que es equivalente al sistema de n ecuaciones simultáneas

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_1 + \beta_2 x_{21} + \beta_3 x_{31} + \dots + \beta_k x_{k1} + u_1 \\ Y_2 &= \beta_1 + \beta_2 x_{22} + \beta_3 x_{32} + \dots + \beta_k x_{k2} + u_2 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ Y_n &= \beta_1 + \beta_2 x_{2n} + \beta_3 x_{3n} + \dots + \beta_k x_{kn} + u_n. \end{aligned}$$

Este sistema también puede escribirse en forma matricial como

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} 1 & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix}_{n \times k} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}_{k \times 1} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

o de manera compacta $y = X\beta + u$

donde

- y = vector columna de observaciones de la variable dependiente Y ,
- X = matriz dada de observaciones de las $k-1$ variables explicativas x 's y del término de intercepción denotado por la columna de 1's,
- β = vector columna de parámetros desconocidos $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$,
- u = vector columna de perturbaciones estocásticas.

La estimación de los parámetros desconocidos (o coeficientes de las variables explicativas) mediante MCO implica encontrar dichos valores de tal forma que la sumatoria de los cuadrados de los errores sea mínima; esto es, se debe minimizar

$$\left(\sum u_i^2\right) = \sum (Y_i - \beta_1 - \beta_2 x_{2i} - \dots - \beta_k x_{ki})^2 = \hat{u}'\hat{u} = [\hat{u}_1 \quad \hat{u}_2 \quad \dots \quad \hat{u}_n] \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \\ \vdots \\ \hat{u}_n \end{bmatrix}$$

$$\text{Si } y = X\beta + u$$

$$\therefore \hat{u} = y - X\beta,$$

por lo que

$$\hat{u}'\hat{u} = (y - X\beta)'(y - X\beta) = y'y - 2\beta'X'y + \beta'X'X\beta,$$

diferenciando parcialmente respecto a β e igualando a cero

$$(X'X)\beta = X'y,$$

de donde, si existe la inversa de $(X'X)$ es decir, $(X'X)^{-1}$,

premultiplicando ambos lados por dicha inversa

$$(X'X)^{-1}(X'X)\beta = (X'X)^{-1}X'y,$$

y puesto que $(X'X)^{-1}(X'X)$ es igual a la matriz identidad I ,

$$I\beta = (X'X)^{-1}X'y,$$

o, lo que es lo mismo,

$$\beta = (X'X)^{-1}X'y,$$

siendo β el vector columna de parámetros que resuelve el problema de minimización.

Un primer criterio para evaluar el ajuste de la ecuación de regresión estimada es probar la significancia de los coeficientes estimados (pendiente de la ecuación estimada). Lo que se desea saber es si cada una de las variables independientes contribuyen significativamente, desde el punto de vista estadístico, a explicar a la variable dependiente. Se busca probar de manera independiente para cada parámetro las siguientes hipótesis:

$$H_0: \beta_i = 0$$

$$H_a: \beta_i \neq 0$$

mediante la prueba t ,

$$t = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{s_{\beta_i}}$$

con $n-k$ grados de libertad (n =número de observaciones, k =número de parámetros estimados), al nivel de confianza elegido se rechaza H_0 si el valor de la t calculada es mayor que el valor crítico de tablas.

Cuanto mejor sea el ajuste de la recta de regresión mayor será la variación de la variable dependiente (Y) que es explicada por dicha recta.

Variación total en Y =Variación explicada por la regresión + Variación residual

$$\sum(Y_i - \bar{Y}_i)^2 = \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y}_i)^2 + \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2;$$

es decir, suma total de cuadrados (TSS) = suma de cuadrados de la regresión (SSR) + suma de cuadrados de los errores (SSE), o

$$TSS = SSR + SSE$$

Dividiendo todos los términos entre la suma total de cuadrados (TSS) se obtiene:

$$1 = \frac{SSR}{TSS} + \frac{SSE}{TSS}$$

El coeficiente de determinación se define como la proporción de la variación total de Y que es explicada por la regresión:

$$R^2 = \frac{SSR}{TSS} = 1 - \frac{SSE}{TSS},$$

por lo que mientras más cercano sea su valor a 1 mayor es el ajuste de la regresión.

Como consecuencia de lo anterior, para probar la bondad de ajuste del modelo estimado se debe probar

$$H_0 : R^2 = 0$$

$$H_a : R^2 \neq 0$$

Para esta prueba se utiliza el estadístico F ,⁶² que es la razón existente entre los cuadrados medios de la regresión $\{(SSR/(k - 1))\}$ y los errores cuadráticos medios $\{(SSE/(n - k))\}$ o,

⁶² En virtud de la relación $R^2 = \frac{(k-1)F}{(k-1)F + (n-k)}$, donde k es el número de parámetros a estimar (incluyendo al intercepto), F es el valor crítico a un nivel de significancia dado y n es el número de observaciones.

$$F = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 / (k-1)}{\sum (Y - \hat{Y})^2 / (n-k)}$$

Mediante el valor calculado de F también se puede probar la significancia conjunta de los coeficientes de la regresión, es decir, para determinar si existe relación lineal entre Y y las variables explicativas se busca probar

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0, \quad \beta_0 = \alpha$$

H_0 : al menos un coeficiente es diferente de cero

Si el valor calculado de F es mayor que el valor crítico de la prueba (valor en tablas) se pueden rechazar simultáneamente las hipótesis nulas de no relación lineal entre las variables dependiente y las explicativas y de que $R^2 = 0$.

De manera resumida se puede ver mediante el análisis de varianza (ANOVA) la composición de la variación en Y o variación total

Fuente de la variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F
Regresión	SSR	$k - 1$	$SSR / k - 1$	$\{SSR / k - 1\} / \{SSE / n - k\}$
Error	SSE	$n - k$	$SSE / n - k$	
Total	TSS	$n - 1$	$TSS / n - 1$	

Al trabajar con datos ordenados como series de tiempo es importante verificar que los términos de error estocástico son estadísticamente independientes entre sí (supuesto de no autocorrelación) es decir, $E(u_t, u_{t-1}) = 0$, ya que los estimadores que se obtienen cuando existe dependencia temporal entre los términos de error son no sesgados y consistentes pero no son eficientes, es decir, no son los estimadores de mínima varianza. Esto lleva a estimaciones sesgadas del error estándar de los coeficientes de la regresión y del error estándar de la estimación dando origen a valores altos de las razones t . Como consecuencia, las pruebas estadísticas proporcionan conclusiones demasiado optimistas de la bondad de ajuste del modelo; además, la subestimación de la suma de cuadrados del error lleva a una sobrestimación no confiable de R^2 .

Se puede detectar la existencia de correlación entre términos sucesivos de error (correlación serial o de primer orden) mediante la estadística d de Durbin y Watson:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^{n-1} (a_t - a_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^{n-1} a_t^2}$$

en la que, como puede verse, se pierde la primera observación. Ahora bien, al desarrollar la expresión anterior se tiene que

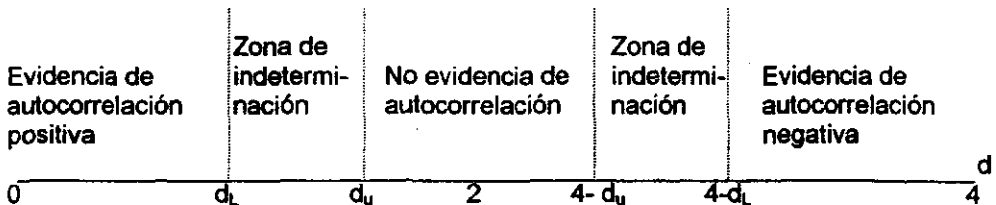
$$d = \frac{\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t^2 - 2 \sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t \hat{u}_{t-1} + \sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_{t-1}^2}{\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t^2}$$

ya que $\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t^2$ y $\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_{t-1}^2$ difieren únicamente en una observación, prácticamente son iguales,

por lo que $d \approx 2 - 2 \frac{\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t \hat{u}_{t-1}}{\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t^2}$, y en virtud de que $\hat{\rho} \cong \frac{\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_t \hat{u}_{t-1}}{\sum_{t=2}^{t=n} \hat{u}_{t-1}^2}$, tenemos que $d \cong 2 - 2\hat{\rho}$.

Debido a que $-1 \leq \rho \leq 1$, de la última expresión del estadístico de Durbin-Watson se desprende que $0 \leq d \leq 4$, por lo que cuando no hay correlación, $\rho = 0$, entre los términos de error $d = 2$. De lo anterior se deriva que como regla empírica se acepte que: a) no hay autocorrelación de primer orden entre los términos de error cuando el valor del estadístico es cercano a 2, b) hay autocorrelación positiva de primer orden (los términos sucesivos de error tienen los mismos signos) cuando su valor es igual o próximo a 0, y c) hay autocorrelación negativa de primer orden (a un término de error con un signo dado le sigue un término de error con signo opuesto) mientras más cercano sea el valor de d a 4.

De manera gráfica se pueden representar los valores del estadístico d y las reglas de decisión de la siguiente forma:



Los valores de d_L y d_U se pueden encontrar en tablas al 1% y al 5% de significancia.

C. Estimación mínimo cuadrática y análisis econométrico mediante *Econometric Views* (EViews)

En esta sección se presentan los comandos que se utilizaron en para la estimación mínimo cuadrática.

Una vez que se han capturado y asignado una etiqueta (nombre) en *Econometric Views* las series de observaciones de las variables dependiente (y) e independientes (x_1, \dots, x_n), en la línea de comandos se introduce el comando

ls y x1 ... xn c

donde ls es el comando para que se ejecute la estimación de parámetros de la regresión lineal mediante mínimos cuadrados, y corresponde a la variable dependiente, $x_1 \dots x_n$ a las variables independientes o explicativas, c al coeficiente de intercepción o término constante de la regresión. Se debe dejar un espacio entre cada uno de los componentes del comando. También es importante mencionar que se pueden utilizar cualesquiera etiquetas para denominar las series, siempre y cuando no se viole la sintaxis del paquete que no acepta se denomine a ninguna variable con los comandos reservados.

Así, por ejemplo, si se han utilizado las siguientes series y etiquetas (entre paréntesis): rendimientos excesivos de bimbo (REXBIMBO), cambios en la inflación esperada (CIES), inflación no esperada (INES), cambio mensual en el costo del dinero (CMCD), cambio mensual en la cotización del dólar (CMCOD), cambio mensual en la producción industrial (CMPI) y rendimiento en el mercado de valores (RMV), si se quiere efectuar la regresión de los rendimientos en exceso de Bimbo sobre las demás variables, considerando la existencia del intercepto en la ecuación, el comando para obtener la estimación correspondiente es

ls REXBIMBO CIES INES CMCD CMCOD CMPI RMV C

Es conveniente señalar que *Eviews* acepta que al introducir el comando se utilicen indistintamente letras mayúsculas o minúsculas y el único requisito de orden es que después de haber introducido en el comando la instrucción ls se inserte en el lugar inmediato la etiqueta o nombre de la variable dependiente.

Además de la estimación de los valores de los coeficientes paramétricos, se obtiene en la pantalla de salida los estadísticos de prueba para evaluar la estimación, incluyendo entre otros datos adicionales para el análisis, el valor del estadístico de Durbin y Watson que, como se ha señalado, permite determinar si se ha violado o no el supuesto de independencia estadística entre los términos sucesivos de error estocástico. Adicionalmente, mediante el paquete se pueden realizar muchas otras pruebas estadísticas y estimaciones, lineales o no lineales, incluyendo prácticamente todas las herramientas proporcionadas por la teoría econométrica clásica y contemporánea.

D. Optimización de portafolios mediante *Finance Toolkit de Matlab V.5*

Para estimar el rendimiento y riesgo de los portafolios óptimos que se encuentran sobre la frontera eficiente, Matlab se vale del siguiente comando:

[RISK,ROR,WTS] = FRONTIER(MATRIZ DE LOS RENDIMIENTOS HISTÓRICOS, VECTOR DE RENDIMIENTOS ESPERADOS, PUNTOS A CALCULAR SOBRE LA FRONTERA EFICIENTE)

que devuelve como salida la desviación estándar, el rendimiento y las asignaciones presupuestales de los activos, para cada uno de los portafolios óptimos (puntos estimados sobre la frontera eficiente).

Los términos que aparecen entre paréntesis cuadrados deben introducirse tal como aparecen pues corresponden a las instrucciones (comandos) para que Matlab calcule respectivamente el riesgo, el rendimiento y las asignaciones a cada activo. Los términos del lado derecho que se encuentran entre paréntesis normales deben sustituirse con los nombres con que se hayan introducido a Matlab la matriz de rendimientos y el vector de los rendimientos esperados, mientras que el número de puntos que se desea calcular sobre la frontera eficiente es opcional, siendo por default 10.

El comando **FRONTIER(MATRIZ DE LOS RENDIMIENTOS HISTÓRICOS, VECTOR DE RENDIMIENTOS ESPERADOS DE LOS ACTIVOS)** devuelve la gráfica de la frontera eficiente, iniciando desde el portafolios de mínima varianza global.

BIBLIOGRAFÍA

- AMAT i Salas Oriol y Puig i Pla Xavier: *Análisis técnico bursátil*, 3ª ed., Ediciones Gestión 2000, Barcelona, 1992
- BANCO DE MÉXICO, *Carpeta electrónica*, diversos números
- BASH Antonin, *El Mercado de Capitales en México*, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos-BID, México, 1968
- BAILEY Warren y Y. Peter Chung: 1995, "Exchange rate fluctuations, political risk, and stock returns: some evidence from an emerging market", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 30, 541-561
- BLACK Fisher: 1972, "Capital market equilibrium with restricted borrowing", *Journal of Business*, 45, 444-455
- BODIE Zvi, Kane Alex y Marcus Alan J.: *Investments*, 3ª ed, Irwin, Chicago 1996
- BOX George E. P. y Jenkins Gwilym M.: *Time series analysis, forecasting and control*, edición revisada de la 1ª edición, Holden Day, Oakland, California, 1976
- BURMESTEIR, E. y McElroy M.B.: 1988, "Joint Estimation of Factor Sensitivities and risk premia for the Arbitrage Pricing Theory", *Journal of Finance*, 43, 721-35
- CLARE Andrew, Priestley Richard y Thomas Stephen: 1997, "The robustness of the APT to alternative estimators", *Journal of Business Finance and Accounting*, 24, 645-711
- CLIVE W. J. Granger y Oskar Morgenstern, "Spectral Analysis of Nueva York Stock Market Prices," *Kyklos* 16, (Enero, 1963), pp. 1-27
- CHIANG Alpha C.: *Métodos fundamentales de economía matemática*, 3ª edición, McGraw Hill, Madrid, 1987
- CHI-FU Huang y Litzenberg Robert H.: *Foundations for Financial Economics*, Elsevier Science Publishing Co., Inc., Nueva York, 1988
- DOTI James L. y Adibi Esmael: *The practice of econometrics with Eviews*, Quantitative Micro Software, 1998
- FAMA Eugene F.: "The Behavior of Stock Market Prices," *Journal of Business* 38, (Enero de 1965), pp. 34-105
- FAMA Eugene F., L. Fisher, M. Jensen y R. Roll, "The Adjustment of Stock Prices to New Information," *International Economic Review* 10 (Febrero, 1969), pp. 1-21
- FAMA Eugene F. y MacBeth James D: 1973, "Risk, return and equilibrium: empirical tests", *Journal of Political Economy*, 71, 607-636
- FAMA Eugene F., "Reply," *Journal of Finance* 31, (Marzo de 1976), pp. 143-144
- FAMA Eugene F.: 1996, "Multifactor portfolio efficiency and multifactor asset pricing", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 31, 441-465
- FARRELL James L., Jr.: *Portfolio management; theory and applications*, 2ª ed., McGraw Hill, Nueva York, 1997
- FRANCIS Jack Clark: *Management of investments*, 3ª ed., McGraw Hill, Nueva York, 1993
- GAYNOR Patricia E. y Kirkpatrick Rickey C.: *Introduction to time-series modeling and forecasting in business and economics*, McGraw Hill, Nueva York, 1994
- GREEN William H.: *Análisis econométrico*, 3ª ed., Prentice Hall, Madrid, 1999
- GROENEWOLD Nicolaas y Fraser Patricia: 1997, "Share prices and macroeconomic factors", *Journal of Business Finance and Accounting*, 24, 1367-1417

GRUPO FINANCIERO BANAMEX-ACCIVAL, *El mercado*, Departamento de Análisis, varios números

GUJARATI Damodar: *Basic econometrics*, 3ª ed., McGraw Hill, Singapur, 1995

GUISÁN Seijas María del Carmen: *Econometría*, McGraw Hill, Madrid, 1977

HERNÁNDEZ Bazaldúa Reynaldo y Mercado Sánchez Luis Enrique, *El Mercado de Valores; Una Opción de Financiamiento e Inversión*, edición privada, México, 1984

HIRT Geoffrey A. Y Block Stanley B.: *Fundamentals of investment management*, 5ª ed., Irwin, Chicago, 1996

INTRILLIGATOR Michael D.: *Modelos econométricos, técnicas y aplicaciones*, Trad. Rafael Nuñez Zuñiga, FCE, México, 1990

JENSEN Michael C., "The performance of Mutual Funds in the Period 1945-1964," *Journal of Finance* 23 (Mayo, 1968), pp. 389-416

JENSEN Michael C., "Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency," *Journal of Financial Economics* 6, (Junio-Septiembre, 1978), pp. 95-101

JOHNSTON Jack y DiNardo John: *Econometric methods*, 4ª ed., economic series, McGraw Hill International Editions, Singapur, 1997

LINTNER John: "The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets", *The Review of Economics and Statistics*, vol. XLVII, N° 1, febrero de 1965, 13-37

LÓPEZ H., Francisco: 1998, "Análisis de la eficiencia del mercado accionario mexicano", *Contaduría y Administración*, N° 191, octubre-diciembre, 75-83

LORIE James y Brealey Richard: *Modern Developments in Investment Management, A book of readings*, Dryden Press, Hindsale, Illinois, 1978

LORIE James H., Dodd Peter y Hamilton Kimpton Mary, *The Stock Market: Theories and Evidence*, 2ª ed., Dow Jones-Irwin, Illinois, 1985

MARKOWITZ Harry: 1952, "Portfolio selection", *Journal of Finance*, 12, 77-91

MARKOWITZ Harry M.: *Mean-variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets*, Basil Blackwell, Gran Bretaña, 1989

MARKOWITZ Harry M.: 1999, "The early history of portfolio theory: 1600-1960", *Financial Analysts Journal*, Julio-agosto, 5-16

McELROY M.B., Burmeister E. y Wald K.D.: 1985, "Two estimators for the APT model when factors are measured", *Economic Letters*, 19, 271-75;

McELROY M.B. y Burmeister E.: 1988, "Arbitrage Pricing Theory as a restricted nonlinear multivariate regression model: ITNLSUR estimates", *Journal of Business and Economic Statistics*, 6, 29-42,

MEI Jianping: *New methods for testing the Arbitrage Pricing Theory and the Present Value Model*, Disertación doctoral, Universidad de Princeton, 1990

MERTON Robert C.: 1972, "An analytic derivation of the efficient portfolio frontier", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. VII, n° 4, (septiembre), 1851-1872.

MOORE Arnold B., "Some Characteristics of Changes in Common Stock Prices," en Paul H. Cootner, *The Random Character of Stock Market Prices* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1964), pp. 139-161

MOSSIN Jan: "Equilibrium in a capital asset market", *Econometrica*, vol. 34, N° 4, octubre de 1966, 768-783

- OLMEDA Ignacio, *Eficiencia en los mercados de valores: implicaciones para la predicción bursátil*, en *Avances Recientes en Predicción Bursátil*, Colección de Economía, Ediciones de la Universidad de Alcalá, Alcalá, 1996
- PINDYCK Robert S. y Rubinfeld Daniel: *Econometric models and economic forecasts*, 4ª ed., McGraw Hill, Nueva York, 1998
- RIVETT Patrick: *Construcción de modelos para análisis de decisiones*, Limusa, México, 1983
- ROLL Richard: 1977, "A critique of the asset pricing theory's tests; Part I: on past and potential testability of the theory", *Journal of Financial Economics*, 4, 129-176
- ROLL Richard y Ross Stephen A.: 1980, "An empirical investigation of the arbitrage pricing theory", *Journal of Finance*, 35, 1073-1103
- ROSS Stephen A.: 1976, "The arbitrage theory of asset pricing", *Journal of Economic Theory*, 13, 341-360
- ROSS Stephen A.: "The current status of the capital asset pricing model (CAPM)", *Journal of Finance*, 33, 1978, pp 885-901
- ROSS Stephen A., Westerfield Randolph W. y Jaffe Jeffrey F.: *Finanzas corporativas*, 3ª ed., Irwin-Mc Graw Hill, Madrid, 1997
- SALVATORE Dominick: *Econometría*, McGraw Hill, México, 1994
- SAMUELSON Paul A.: "The fundamental approximation theorem of portfolio analysis in terms of means, variances, and higher moments", *Review of Economic Studies*, 37, 1970
- SHARPE William F.: "A simplified model for portfolio analysis", *Management Science*, IX, Nº 2, enero de 1963, 277-293
- SHARPE William F.: "Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk", *Journal of Finance*, XIX, Nº 3, septiembre de 1964, 425-442
- SHARPE William F., "Mutual Fund Performance," *Security Prices: A Supplement, Journal of Business* 39 (Enero, 1966), pp 119-38
- SHARPE William F. y Alexander Gordon J.: *Investments*, 4ª ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1990
- SMITH Tom: 1994, "Econometrics of financial models and market microstructure effects", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 29, 519-540
- STIGLITZ Joseph E.: "More Instruments and Broader Goals: Moving Toward the Post-Washington Consensus", *Wider Annual Lectures 2*, United Nations University, World Institute for Development Economics Research
- SYDSAETER Knut y Hammond Peter: *Matemáticas para el análisis económico*, 1ª reimp. de la primera edición en español, Prentice Hall, Madrid, 1998
- TOBIN James: 1958, "Liquidity preference as behaviour toward risk", *The Review of Economic Studies*, 26, 65-86
- WALLACE T. Dudley y J. Lew Silver: *Econometrics, an introduction*, Addison Wesley, EUA, 1988
- WILSON J. Holton y Keating Barry: *Previsiones en los negocios*, 2ª ed., Irwin, Madrid, 1996