

CAPM de cuatro momentos y el riesgo de mercado de Borhis y Cedevis

Francisco López-Herrera*

Margarita María Mosso-Martínez**

(Recibido: junio, 2021/Aceptado: octubre, 2021)

Resumen

Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de probar la hipótesis de que, dadas las características del riesgo presente en la distribución de probabilidades de los rendimientos de los bonos hipotecarios Borhis y Cedevis, se requiere un modelo CAPM de cuatro momentos (CAPM-4M) para explicar el riesgo de mercado de esos bonos respaldados por hipotecas. Se analizaron las características de las distribuciones de probabilidades de los rendimientos de los dos bonos y del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores encontrando, como podría esperarse, sesgo y curtosis no propias de una distribución de probabilidades normal. Se calcularon las sensibilidades de los rendimientos de los Borhis y Cedevis al segundo, tercer y cuarto comomentos respecto de los rendimientos del índice bursátil. Los rendimientos de los dos bonos muestran alta sensibilidad al cosesgo con los rendimientos del mercado accionario mexicano, pero ambos tienen baja exposición a la covarianza y la cocurtosis. La evidencia sugiere la pertinencia de utilizar un CAPM de cuatro momentos para explicar el riesgo de mercado de los Borhis y Cedevis. Esas fuentes de riesgo deben considerarse para la selección y administración de portafolios que incluyan estos instrumentos, así como para el diseño de medidas de administración de riesgos.

Palabras clave: CAPM de cuatro momentos, CAPM-4M, riesgo de mercado, Borhis, Cedevis

Clasificación JEL: G12, G23

* División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Nacional Autónoma de México. francisco_lopez_herrera@yahoo.com.mx.

** Universidad Abierta y a Distancia de México. li.mosso@yahoo.com.mx.

CAPM of four moments and the market risk of Borhis and Cedevis

Abstract

This study was carried out with the aim of testing the hypothesis that, given the characteristics of the risk present in the probability distribution of the returns of the mortgage-based bonds Borhis and Cedevis, a four-moment CAPM model (CAPM-4M) is required to explain the market risk of that mortgage-backed bonds. The characteristics of the probability distributions of the returns of both bonds and the Price and Quotation Index (IPC) of the Mexican Stock Exchange were analyzed finding, as could be expected, bias and kurtosis not typical of a normal probability distribution. The sensitivities of the Borhis and Cedevis returns at the second, third and fourth comoments were calculated with respect to the returns of the stock market index. The two bonds returns show high sensitivity to the coskewness with the Mexican stock market returns, but both of them have low exposure to the covariance and the coskewness. The evidence suggests the relevance of using a CAPM of four moments to explain the market risk of the Borhis and Cedevis. These sources of risk should be considered for the selection and management of portfolios that include these instruments, as well as for the design of risk management measures.

Keywords: four moments-CAPM, CAPM 4M, market risk, Borhis, Cedevis.

JEL classification: G12, G23.

1. Introducción

Presentamos el estudio del riesgo de mercado de Borhis y Cedevis, dos bonos respaldados con hipotecas que se negocian en el mercado mexicano. En México y en el mundo la vivienda representa el activo más importante en la mayoría de las familias, considerándose incluso un vehículo de ahorro e inversión. Aunque según la Comisión nacional de vivienda (2018) en México el 75% del uso del suelo corresponde al uso de vivienda, la carencia de vivienda sigue siendo uno de los principales problemas económicos y sociales del país.

La originación del crédito bancario para la adquisición de vivienda ha crecido ante el aumento poblacional y del número de hogares, la necesidad de este bien básico sigue creciendo, tanto en términos del beneficio por el uso habitacional como por lo que representa en su calidad de activo patrimonial. Por lo tanto, se puede decir que el financiamiento del crédito en este sector contribuye para mejorar el bienestar social y el crecimiento de la economía.

Por su parte, los bancos originadores de los créditos hipotecarios colocan bonos respaldados con hipotecas en el mercado financiero para recuperar el dinero prestado a los acreditados, acelerando así el ciclo de recuperación de ese recurso. Esa recuperación anticipada de los recursos prestados puede aplicarse a nuevos créditos destinados a la inversión productiva y al consumo en general, así como a la originación de nuevos créditos hipotecarios. Así, la bursatilización de las carteras de hipotecas puede contribuir favorablemente a la actividad económica y al bienestar de la sociedad.

En este contexto, el mercado inmobiliario representa un papel importante en el desempeño y desarrollo de la economía. Después del auge del crédito de vivienda observado en Estados Unidos a mediados de la primera década del siglo XXI, la crisis de hipotecas de alto riesgo propició las condiciones financieras que dieron origen a la crisis global conocida como la Gran Recesión que se extendió hasta 2012, condiciones que pueden incidir negativamente en la economía real, lo que constituye un riesgo poco estudiado en nuestro país.

Nuestra hipótesis es que dadas las características de las distribuciones probabilísticas de los rendimientos de Borhis y Cedevis, se requiere un modelo CAPM de cuatro momentos (CAPM-4M) para explicar el riesgo de mercado de estos portafolios de bonos respaldados por hipotecas. Este trabajo proporciona evidencia de la importancia de los riesgos de los segundos, terceros y cuartos momentos, respectivamente co-varianza, cosesgo y cocurtosis, para explicar las variaciones de los rendimientos de estos instrumentos, contribuyendo a la literatura sobre los riesgos en los rendimientos de instrumentos bursátiles mexicanos.

Este documento se estructura de la siguiente forma. En la siguiente sección se presenta la revisión de literatura sobre el CAPM, se exponen las principales críticas al modelo y sus extensiones. Después se describe el herramental metodológico utilizado para medir los parámetros del modelo CAPM de cuatro momentos. Posteriormente se muestran los datos, el análisis empírico y las interpretaciones de los resultados de la prueba. Finalmente se presentan las conclusiones.

2. Revisión de literatura

El Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM) se basa en la Teoría Moderna del Portafolio propuesta inicialmente por Markowitz (1952, 1959) y el Teorema de Separación de Tobin (1958). De forma independiente Treynor (1961, 1962), Sharpe (1963, 1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) desarrollaron ese modelo de valuación de activos financieros, el cual estima el rendimiento mínimo esperado o exigible en función del riesgo sistemático, no diversificable,

dada la exposición al riesgo del mercado, exposición o sensibilidad medida por el coeficiente beta.

Lintner (1965) encontró resultados que muestran el peso del coeficiente del riesgo no sistemático, teóricamente diversificable, lo que significa que los inversionistas no sólo tienen una prima por el riesgo sistemático, sino también por el no sistemático, resultado un tanto contradictorio con lo que cabe esperar según el CAPM. Encontró un valor del término independiente de la segunda regresión muy superior al de la rentabilidad libre de riesgo con la que debía coincidir, y un coeficiente de beta mucho más bajo que el correspondiente a la prima por riesgo sistemático. Miller y Scholes (1972) explican ese resultado podría deberse a posibles errores en la especificación de la ecuación y en las variables utilizadas y examinan si los resultados mejoran al expresar el modelo en forma de excesos de rentabilidad con respecto a la tasa libre de riesgo, así como la posible presencia de una relación no lineal introduciendo el cuadrado del coeficiente beta o bien la presencia de heterocedasticidad en los residuos. Sus hallazgos muestran que sus supuestos mejoran los resultados de las estimaciones del CAPM, aunque no de manera suficiente para resolver el paradójico resultado previo.

Para contrastar el modelo, CAPM Black *et al.* (1972) por medio de una regresión de corte transversal entre los rendimientos de los portafolios y las betas, agruparon las acciones en portafolios acordes con la correlación de las betas individuales para disminuir la presencia de errores de estimación; encontrando una constante significativamente positiva y una beta inferior a la prima de riesgo del rendimiento medio de mercado. Esos resultados son congruentes con los de Miller y Scholes (1972).

Con base en lo establecido anteriormente y las críticas señaladas al modelo basado en el criterio de la media-varianza, surge el planteamiento de si los momentos de orden superior a la varianza, en particular el sesgo y la curtosis de la distribución de los rendimientos, afectan las tasas esperadas de rendimiento de los activos riesgosos. Al suponer que los inversionistas son renuentes al riesgo y que prefieren un mayor sesgo y una curtosis más baja, la observación de que los rendimientos agregados de las acciones son negativamente sesgados y leptocúrticos puede ser un principio de subestimación de la prima de riesgo por los modelos existentes basados en el análisis de la varianza y la media. Frente a ello, surge una corriente de la literatura sobre valuación de activos de capital que tiene en cuenta momentos de orden mayor en las tasas de rendimiento esperadas en condiciones del equilibrio teórico.

Basándose en la preferencia por el sesgo positivo, Kraus y Litzenberger (1976) postularon el CAPM de tres momentos (TM-CAPM, *three-moment* CAPM) incorporando a la valoración de activos riesgosos el efecto del sesgo conjunto (cosesgo) en la distribución de los rendimientos de los activos y del

portafolio del mercado. Estableciendo así que cuando los rendimientos de las acciones y del mercado no siguen una distribución normal como lo supone el CAPM tradicional, éste no es suficiente para capturar la relación entre el riesgo del mercado y el rendimiento de los activos de capital, por lo que la inclusión de la asimetría al modelo tradicional resulta significativa.

Harvey y Siddique (2000) y Dittmar (2002) muestran que los comomentos superiores al segundo comomento (la covarianza) de los rendimientos de un activo individual con los rendimientos del mercado agregado deben tener un precio si el núcleo de la valuación se asume como una función no lineal de la rentabilidad del mercado. Los avances de su investigación se clasifican particularmente en la importancia del tercer y cuarto momentos, características que se han observado en la distribución de probabilidades de los rendimientos de los activos financieros.

Fang y Lai (1997) plantean el modelo de cuatro momentos que incluye el riesgo derivado de la covarianza de los rendimientos de los activos con el rendimiento del mercado, parte del riesgo sistemático medido por la beta, así como los riesgos derivados por la cosesgo y la curtosis sistemática (cuarto momento), dando lugar al CAPM de cuatro momentos (FM-CAPM, *four-moment* CAPM). De acuerdo con su modelo, existen n activos riesgosos y sólo un activo libre de riesgo, los rendimientos sólo consideran las ganancias de capital; el mercado de capitales es perfecto y competitivo, sin impuestos, el inversionista busca maximizar las utilidades esperadas, las cuales consideran la media, la varianza, la asimetría y la curtosis de su riqueza final sujeta a un conjunto de restricciones presupuestales. Establecen que en presencia de asimetría y curtosis en la distribución de los rendimientos de los activos la tasa de rendimiento en exceso está relacionada no sólo con la varianza sistemática (única medida del riesgo sistemático del CAPM tradicional) sino también con la cosesgo y la cocurtosis.

Hwang y Satchell (1999) a partir de su estudio del modelo con la incorporación del tercer y cuarto momentos, argumentan que es relevante la aplicación de ese modelo para los múltiples mercados emergentes, ayudando a mejorar la predicción de los rendimientos esperados. Christie-David y Chaudhry (2001) estudian la curtosis y asimetría sistemática en la determinación de los rendimientos de los futuros de *commodities*, tasa de interés, monedas y minerales; y establecen que al incluir como variables explicativas el tercer y cuarto momentos de los rendimientos de los futuros aumenta el poder explicativo, a pesar de no poder explicar con precisión las relaciones implícitas en el proceso de generación de dichos rendimientos.

Chiao *et al.* (2003) presentan una investigación detallada de las características de riesgo-rendimiento del mercado de valores de Taiwán. En primer lugar, examinaron las distribuciones de rentabilidad del mercado de valores y

de las acciones individuales, para detectar la presencia de cosesgo, exceso de curtosis y su persistencia. A continuación, probaron un CAPM condicional de cuatro momentos en condiciones de mercado al alza y a la baja. Los resultados de la investigación muestran que los inversionistas esperan un rendimiento más bajo (más alto) cuando la distribución de los rendimientos de las acciones demuestra una cosesgo positiva (cocurtosis). Además, muestran evidencia de la importancia relativa de los riesgos de cosesgo y cocurtosis, en comparación con el riesgo de covarianza para explicar las variaciones de rendimiento de las acciones. Esto es particularmente evidente en los subperíodos alcistas del mercado.

Ranaldo y Favre (2005) ampliaron el modelo de mercado de dos momentos a un modelo de momentos superiores para capturar la cosesgo y la cocurtosis, señalando que el enfoque de momentos más altos es el más adecuado para revelar la relación no lineal entre los fondos de cobertura y los rendimientos del mercado y contabilizar las ganancias específicas de la relación entre el riesgo y el rendimiento de cada estrategia de inversión en los fondos de cobertura. Señalan que un resultado clave de su estudio es la demostración de que el uso exclusivo del modelo de fijación de precios de dos momentos puede ser engañoso ya que puede sugerir erróneamente una compensación insuficiente por el riesgo al que realmente está sujeta la inversión.

Fletcher y Kihanda (2005) estudiaron para el mercado del Reino Unido el rendimiento de las versiones incondicionales y condicionales de siete modelos de factores de descuento estocásticos de los rendimientos de las acciones. Su análisis cubre el periodo de enero de 1975 a diciembre de 2001, reportando que el modelo de valoración de activos de capital (CAPM) de cuatro momentos condicional tiene el mejor desempeño entre los modelos analizados.

Jondeau *et al.* (2007) plantean que modelar la asimetría y curtosis permite tener una mejor especificación de la distribución de los rendimientos, pues proporciona información que es útil en particular para modelar datos de frecuencia alta o cuando se tienen rendimientos con distribuciones cuyas colas son muy pesadas. Es decir, según esos resultados el inversionista debería tomar en consideración para en sus decisiones la presencia de asimetría y la curtosis en la distribución de los rendimientos de los activos y, por otra parte, incluir en la modelación explícitamente los momentos puede mejorar la utilidad de las medidas del riesgo de mercado.

Barberis y Huang (2008) y Brunnermeier, Gollier y Parker (2007) plantean modelos de comportamiento que predicen que los inversionistas prefieren valores con recompensas muy sesgadas y, por lo tanto, esos valores obtienen rendimientos medios posteriores más bajos. Mitton y Vorkink (2007), introduciendo una preferencia heterogénea por el sesgo, documentan pruebas teóricas y empíricas de que los sesgos (diversificable y no diversificable)

puede afectar a los precios de los activos. Chabi-Yo (2012) deriva un modelo de equilibrio parcial en un ajuste de dos períodos y encuentra que tanto el sesgo que siempre está presente en los rendimientos de un activo, así como el riesgo capturado por la volatilidad deben tener un precio, considerando la volatilidad y el sesgo de los rendimientos del mercado como ejemplos de las variables de estado que se deben considerar en la valuación.

Boyer, Mitton y Vorkink (2010) y Conrad, Dittmar y Ghysels (2013) establecen que el sesgo característico de las acciones individuales determina los rendimientos esperados. En la misma línea, en su estudio para una serie de acciones del mercado pakistaní, Lal *et al.* (2016) muestran evidencia favorable modelo que incluye la curtosis y la asimetría pues los rendimientos de las acciones de ese mercado no siguen una distribución normal.

González-Urteaga *et al.* (2014) estudiaron la relación entre el riesgo de la asimetría en la distribución de los rendimientos y el riesgo de insolvencia en el mercado español durante el periodo entre enero de 1992 y agosto de 2011. Muestran que los títulos con mayor riesgo de asimetría proporcionan mayores rentabilidades, existiendo una correlación positiva entre el riesgo de insolvencia y rentabilidad de los activos en periodos expansivos. Los factores de riesgo por la asimetría únicamente presentan capacidad explicativa en el caso de portafolios con riesgo más extremo de insolvencia y en presencia de la crisis financiera internacional. Mientras que algunos autores como, Dichev (1998), Griffin and Lemmon (2002) o Campbell *et al.* (2008), encuentran una relación negativa, Vassalou and Xing (2004) encuentran en el mercado de valores estadounidense una relación positiva, que puede ser explicada en parte por los factores SMB y HML, si se aproxima el riesgo de insolvencia con una medida basada en los trabajos de Black and Scholes (1973) y Merton (1974).

Jang y Kang (2017) especifican un modelo intertemporal en el que analizan las oportunidades de inversión estocásticas y los momentos de orden superior de los rendimientos diarios de 1962 a 2012 de las acciones individuales de la base de datos CRSP de la Universidad de Chicago, que contiene las acciones ordinarias de NYSE/AMEX/NASDAQ. Utilizaron el índice ponderado por valor CRSP como el portafolio de mercado y la tasa del T-bill a un mes como la tasa libre de riesgo como predictores para las oportunidades de inversión presentes en el mercado de valores de los Estados Unidos. Con base en los tipos de portafolio y en regresiones de sección cruzada investigaron si los comomentos tienen un precio y hallaron pruebas sólidas confirmatorias de que el sesgo sistemático tiene un precio negativo. Enuncian, que el comomento de tercer orden con la rentabilidad del mercado y cada variable de estado tiene un precio significativamente negativo cuando la variable de estado predice buenas condiciones. Sin embargo, observan que la mayoría de las primas por la cocurtosis no son significativas en presencia de la varianza y sesgo sistemáticos.

Nishantha (2018) estudian el CAPM condicional de cuatro momentos en la Bolsa de Valores de Colombo (CSE) de Sri Lanka, para explicar los rendimientos de 74 acciones individuales entre 2000 y 2016. Utilizan el All Share Price Index (ASPI), el índice principal del CSE, como proxy del portafolio del mercado y la tasa de las letras de la Tesorería a tres meses como la tasa libre de riesgo. Su evidencia sobre el CAPM condicional de cuatro momentos no es concluyente. Los resultados de sus pruebas indican que la cosesgo puede explicar el rendimiento promedio de esas durante el periodo 2000 a 2016, pero que la covarianza y la cocurtosis no tienen poder explicativo de la rentabilidad de los activos.

Blöchlinger, A. (2018) reconoce que las calificaciones crediticias corporativas pueden eliminar la asimetría de información entre prestamistas y prestatarios, facilitando el encuentro del precio de equilibrio; sin embargo, señala que la información proporcionada por las calificaciones de los instrumentos estructurados es insuficiente porque el riesgo sistemático de los activos puede variar sustancialmente, aunque tengan igual calificación. Como demostró mediante un análisis de Monte Carlo, los bonos estructurados y con calificación alta pueden presentar riesgos sistemáticos no lineales mucho más altos que los bonos corporativos con calificación baja. Con base en un CAPM de cuatro momentos, también encuentra que no existe relación entre la pérdida esperada (calificación) y el diferencial de crédito (precio). Concluye que el CAPM con beta lineal es insuficiente, por lo que los compradores y vendedores también necesitan información sobre el riesgo no lineal para encontrar el precio de equilibrio.

Redondo (2019) analiza para el mercado de Argentina el comportamiento de los rendimientos de Fondos Comunes de Inversión en un periodo 2007 al 2017 considerando el tercer y cuarto momentos estocástico (asimetría y curtosis) de los rendimientos de esos fondos de manera complementaria a las medidas tradicionales de media y varianza. Sus resultados muestran evidencia favorable para el CAPM de tres momentos, sin que la inclusión de la curtosis contribuya significativamente a mejorar la capacidad de explicar las variaciones de los rendimientos.

Para explicar los rendimientos de las acciones para el mercado de la India, Misra *et al.* (2019) estudian el impacto de la incorporación de la cosesgo y la cocurtosis al modelo CAPM tradicional, al modelo de tres factores de Fama y French y al modelo de Carhart que extiende el de Fama y French incorporando el factor momentum. La muestra del estudio incluye 301 empresas que formaban parte del índice de BSE-500 de abril de 2009 a marzo de 2014. Sus resultados muestran que la cosesgo y la cocurtosis tienen un impacto significativo en los rendimientos de las acciones de la bolsa india, siendo más fuerte el impacto de la cosesgo.

Johan, K., Dimitrios, K., y Gregory, K. (2020) evaluaron el desempeño de las versiones incondicionales y condicionales de siete modelos de factores de descuento estocásticos en los rendimientos de las acciones del Reino Unido entre enero de 1975 y diciembre de 2001. Encontraron que el modelo condicional de valoración de activos de capital de cuatro momentos (CAPM) tiene el mejor desempeño como predictor de las series de tiempo de los rendimientos por arriba del portafolio de la industria.

Algunas implicaciones de los resultados de investigación de esta agenda son que el inversionista requiere un mayor rendimiento esperado para enfrentar los riesgos de mayor covarianza y curtosis sistemática mientras que le favorece la mayor asimetría sistemática positiva, requiriendo en ese caso un menor nivel de rendimiento esperado por esta fuente de riesgo. El activo con cosesgo positiva tiende a generar un rendimiento superior al esperado y, por tanto, se considera un activo de menor riesgo, como consecuencia, los inversionistas están dispuestos a pagar una prima por mantener un activo con una cosesgo positiva (Kraus y Litzenberger, 1976; Friend y Westerfiels, 1980; Vendrame, Tucker y Guermat, 2016). En tanto que, el activo con cocurtosis positiva puede generar mayores pérdidas que las esperadas en el contexto de un CAPM que únicamente valora el riesgo de la covarianza y, por lo tanto, la cocurtosis se considera un riesgo para los activos y los inversionistas deben buscar una recompensa por enfrentarlo, deseando por eso un mayor rendimiento esperado (Fang y Lai, 1997; Vendrame, Tucker y Guermat, 2016).

3. Cosesgo, cocurtosis y CAPM-4M

Siguiendo a Fang y Lai (1997), dado que los rendimientos de los activos financieros pueden considerarse variables aleatorias, su asimetría y la curtosis se pueden representar de la siguiente manera:

$$Sesgo = s^3(R_i) = \mathbb{E}(R_i - \mathbb{E}(R_i))^3 \quad (1)$$

$$Curtosis = k^4(R_i) = \mathbb{E}(R_i - \mathbb{E}(R_i))^4 \quad (2)$$

R_i es el rendimiento del activo i ésimo cuyo valor esperado es $\mathbb{E}(R_i)$.

Por su parte, para considerar como parte del riesgo sistemático de un activo su cosesgo y su cocurtosis entre sus rendimientos y los rendimientos del portafolio de mercado, esos comomentos de orden superior se definen como:

$$Co - asimetría = Cos(R_i, R_m) = \mathbb{E}((R_i - \mathbb{E}(R_i)) (R_m - \mathbb{E}(R_m))^2) \quad (3)$$

$$Co - \text{curtosis} = Co k(R_i, R_m) = \mathbb{E}((R_i - \mathbb{E}(R_i))(R_m - \mathbb{E}(R_m))^3) \quad (4)$$

Siguiendo a Fang y Lai (1997), a partir de la media, varianza, asimetría y curtosis, el modelo CAPM de cuatro momentos (CAPM-4M) se puede escribir como:

$$E(R_i) - R_f = \lambda_\beta \frac{\mathbb{E}((R_i - \bar{R}_i)(R_m - \bar{R}_m))}{(\mathbb{E}(R_m - \bar{R}_m))^2} + \lambda_s \frac{\mathbb{E}((R_i - \bar{R}_i)(R_m - \bar{R}_m)^2)}{(\mathbb{E}(R_m - \bar{R}_m))^3} + \lambda_k \frac{\mathbb{E}((R_i - \bar{R}_i)(R_m - \bar{R}_m))}{(\mathbb{E}(R_m - \bar{R}_m))^4} \quad (5)$$

$$E(R_i) - R_f = \lambda_\beta \beta_i + \lambda_s \gamma_i + \lambda_k \delta_i \quad (6)$$

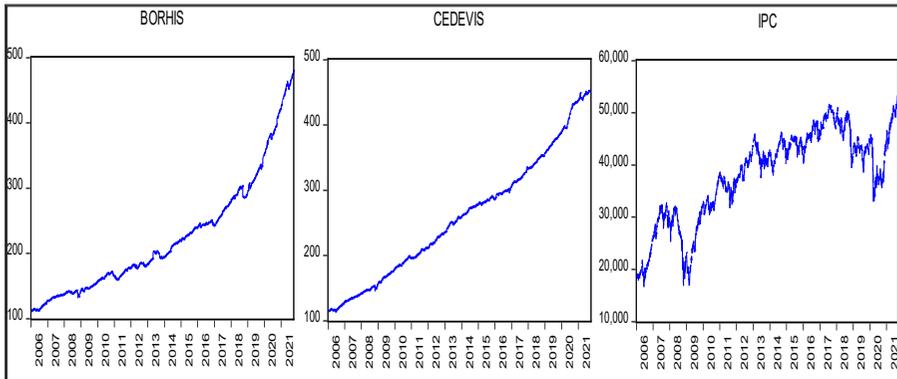
$$\beta_i = \frac{\mathbb{E}((R_i - \bar{R}_i)(R_m - \bar{R}_m))}{(\mathbb{E}(R_m - \bar{R}_m))^2}, \gamma_i = \frac{\mathbb{E}((R_i - \bar{R}_i)(R_m - \bar{R}_m)^2)}{(\mathbb{E}(R_m - \bar{R}_m))^3}, \delta_i = \frac{\mathbb{E}((R_i - \bar{R}_i)(R_m - \bar{R}_m))}{(\mathbb{E}(R_m - \bar{R}_m))^4} \quad (7)$$

De acuerdo con (5), (6) y (7), la prima esperada de riesgo, o sea, el rendimiento esperado en exceso de la tasa libre de riesgo por cualquier acción individual es una función lineal de tres comomentos que incluyen las primas de riesgo por la covarianza, coesego y cocurtosis de los rendimientos del activo con los rendimientos del mercado ($\lambda_\beta, \lambda_s, \lambda_k$) y que tiene como parámetros la exposición o sensibilidad de los rendimientos del activo dados sus respectivos comomentos ($\beta_i, \gamma_i, \delta_i$).

4. Análisis de los Borhis y Cedevis

Los datos diarios de Borhis, Cedevis, Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) a un día (como indicador de la tasa libre de riesgo) cubren el periodo de enero 2006 hasta septiembre de 2021. Los datos de los bonos Borhis y Cedevis se obtuvieron de PiP Latam, Proveedor Integral de Precios en México (www.piplatam.com), el IPC y la TIIE del Banco de México (www.banxico.org.mx).

En la figura 1 se presenta el comportamiento de los Borhis, Cedevis e IPC, se aprecia una tendencia creciente sostenida en los dos bonos respaldados por hipotecas, en tanto que el comportamiento del IPC aunque con una tendencia creciente se muestran un mayor nivel de variaciones y caídas notables en los periodos relacionados con la famosa crisis subprime y la crisis causada por la epidemia de Covid-19 que originó desequilibrios en todo el mundo que todavía no se logran resolver del todo.



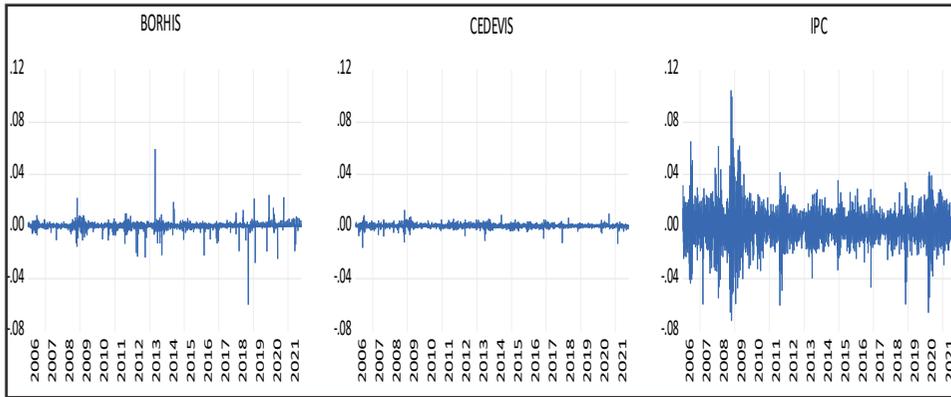
Fuente: elaboración propia.

Figura 1
Comportamiento Borhis, Cedevis, IPC

Con respecto a la crisis Covid-19 prevalece la incertidumbre por la pérdida de empleos, dado que el empleo formal es el principal impulsor de la originación del crédito hipotecario; sin embargo, con base en los datos del Censo 2020, el potencial del sector dado el incremento en la población y del número de hogares, la necesidad de vivienda sigue aumentando y por lo tanto el financiamiento hipotecario.

Después de la fuerte contracción de la economía global en el segundo trimestre del 2020, de acuerdo con el Banco de México (2021), entre el tercer y el cuarto trimestre de 2020, la inflación general anual en México descendió de un promedio de 3.90 a 3.52%, situándose en 3.84% en la primera quincena de febrero de 2021. Por su parte, la Bolsa Mexicana de Valores (2021) señala que el IPC ha tenido una ganancia de 10.62%, lo que beneficia el rendimiento de los bonos.

La figura 2 muestra los rendimientos del portafolio de Borhis, Cedevis e IPC. Los rendimientos diarios de Borhis muestran muy poca variabilidad aunque con uno cuantos picos pronunciados tanto al alza como a la baja. El rendimientos de Cedevis presenta una menor banda de variación. Por su parte los rendimientos del índice bursátil muestran un nivel de fluctuación mucho mayor que los de los rendimientos de los bonos.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2
Rendimiento Borhis, Cedevis, IPC

El cuadro 1 muestra estadísticas descriptivas correspondientes al periodo de análisis de los rendimientos de Bhoris, Cedevis e IPC. En todos los casos se puede observar que los rendimientos son asimétricos y leptocúrticos, destacando que están sesgados negativamente, lo que explica el fuerte rechazo de la hipótesis de normalidad por parte de la prueba de Jarque-Bera.

Dada la evidencia de sesgo y curtosis, se calcularon las sensibilidades de los rendimientos de los Borhis y Cedevis al segundo, tercer y cuarto componentes respecto de los rendimientos del indicador del mercado bursátil.

Cuadro 1
Estadísticas descriptivas de los rendimientos

	Borhis	Cedevis	IPC
Mínimo	111.200000	-0.016517	-0.072661
Mediana	200.000000	0.000339	0.000464
Media	224.600000	0.000348	0.000266
Máximo	480.300000	0.012669	0.104407
Varianza	0.000008	0.000002	0.000151
1er cuartil	155.600000	-0.000290	-0.005416
3er cuartil	272.700000	0.001020	0.006371
Sesgo	-1.457179	-0.907392	-0.014926
Curtosis	136.895900	18.221240	9.529554
Jarque-Bera	2961103.59	38798.74	7041.76

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en el cuadro 2, las primas de riesgo (los rendimientos por arriba de la tasa libre de riesgo) de los bonos Borhis y Cedevis tienen bajos grados de exposición (sensibilidad) a la covarianza y la cocurtosis con los rendimientos del mercado, en tanto que su sensibilidad al cosesgo es notablemente mayor. También es de destacarse que la sensibilidad de los rendimientos de Borhis a la covarianza y a la cocurtosis con los rendimientos del mercado es mayor que en el caso de Cedevis. Sin embargo, la situación es drásticamente distinta cuando se observa la sensibilidad al cosesgo, la de Cedevis supera por mucho la correspondiente a Borhis.

Cuadro 2
Parámetros del CAPM de cuatro momentos

	Borhis	Cedevis	IPC
Mínimo	111.200000	-0.016517	-0.072661
Mediana	200.000000	0.000339	0.000464
Media	224.600000	0.000348	0.000266
Máximo	480.300000	0.012669	0.104407
Varianza	0.000008	0.000002	0.000151
1er cuartil	155.600000	-0.000290	-0.005416
3er cuartil	272.700000	0.001020	0.006371
Sesgo	-1.457179	-0.907392	-0.014926
Curtosis	136.895900	18.221240	9.529554
Jarque-Bera	2961103.59	38798.74	7041.76

Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo de investigación ha sido aportar evidencia de la hipótesis planteada, según la cual, dadas las características del riesgo presente en la distribución de probabilidades de los rendimientos de dos bonos respaldados por hipotecas, Borhis y Cedevis, se requiere un modelo CAPM de cuatro momentos (CAPM-4M) para explicar su riesgo de mercado.

Se observó que los rendimientos de esos bonos muestran sesgo y curtosis no correspondientes a la distribución normal, de manera similar a los rendimientos del indicador del mercado bursátil que se tomó como referente para representar el riesgo del mercado. Se encontró que la sensibilidad (exposición) de los dos bonos al segundo y cuarto momentos (respectivamente, covarianza y cocurtosis) son relativamente bajas. En particular se puede decir que son muy

bajas las sensibilidades de ambos bonos relacionadas con el segundo momento cuando se compara con los resultados que cabe esperar cuando se analizan acciones del mercado mexicano. Aunque también son bajas las sensibilidades de esos activos al cosesgo y a la cocurtosis no existe comparación con otros activos comerciados en el mercado de valores mexicano pues no existe evidencia previa de la importancia que pueden tener los comomentos tercero y cuarto en las primas de riesgo de los activos mexicanos. No obstante, se puede decir que los resultados de nuestro análisis son consistentes con lo que se ha encontrado por otros estudiosos, por ejemplo, Misra *et al.* (2019) y Nishanta (2018) quienes, analizando respectivamente los mercados bursátiles de la India y Sri Lanka, encuentran que las sensibilidades al cosesgo son mayores que las correspondientes a la cocurtosis, incluso siendo éstas últimas muy bajas.

Aunque en principio el sesgo y la curtosis son características que apartan a los rendimientos de los bonos analizados de seguir una distribución normal no siendo algo atípico pues dichas características están presentes en los rendimientos de otros activos mexicanos, resulta interesante considerar que respecto del indicador del mercado bursátil se detectaron sensibilidades (exposiciones) a los comomentos superiores al segundo comomento (covarianza), particularmente considerables para el tercer comomento. Esas sensibilidades implican entonces que el sesgo conjunto de los rendimientos de esos bonos y de los rendimientos del mercado contribuye a la explicación de las primas de riesgo que ofrecen esos bonos a los inversionistas y, aunque en menor medida, también la covarianza y la cocurtosis podría contribuir a esa explicación, por tanto, son parte de su riesgo sistemático.

Consecuentemente, se puede inferir que el CAPM en su versión convencional, basada en el análisis de media y varianza, no es suficiente para la explicación del riesgo sistemático de esos activos pues podría subestimarlos y que para las decisiones financieras es por lo tanto conveniente tomar en cuenta versiones del CAPM con momentos de orden superior al segundo. Adicionalmente, se debe considerar esas características del riesgo de mercado de esos activos para la configuración de portafolios de inversión que los incluyan, así como para el diseño de medidas de administración del riesgo de esos activos, sean para su tenencia en términos individuales o como parte de un portafolio diversificado.

Referencias

- Banco de México. Informe Anual 2020. <https://www.banxico.org.mx>.
- Barberis, N., y M. Huang (2008). Stocks as Lotteries: The Implications of Probability Weighting for Security Prices. *American Economic Review*, 98(5), 2066-2100. <https://doi.org/10.1257/aer.98.5.2066>.
- Black, F.; M.C. Jensen y M. Scholes (1972). *The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests*. In *Studies in the Theory of Capital Markets*. Praeger: New York.
- Blöchliger, A. (2018). Credit Rating and Pricing: Poles Apart. *Journal of Risk and Financial Management*, 11(2), 27. <https://doi.org/10.3390/jrfm11020027>.
- Boyer, B. H.; T. Mitton y K. Vorkink (2010). Expected Idiosyncratic Skewness. *Review Financial Studies*, 23(1), 169-202.
- Brunnermeier, M. K.; C. Gollier y J. A. Parker (2007). Optimal Beliefs, Asset Prices, and the Preference for Skewed Returns. *American Economic Review*, 97(2), pp. 159-165. <https://doi.org/10.1257/aer.97.2.159>.
- Campbell, J. Y.; J. Hilscher y J. Szilagyi (2008). In Search of Distress Risk. *The Journal of Finance*, 63(6), pp. 2899-2939. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2008.01416.x>.
- Chabi-Yo, F. (2012). Pricing Kernels with Stochastic Skewness and Volatility Risk. *Management Science*, 58(3), pp. 624-640. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1110.1424>.
- Chiao, C., K. Hung y S. C. Srivastava (2003). Taiwan stock market and four-moment asset pricing model. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 13(4), pp. 355-381. [https://doi.org/10.1016/s1042-4431\(03\)00013-1](https://doi.org/10.1016/s1042-4431(03)00013-1).
- Christie-David, R., y M. Chaudhry (2001). Coskewness and cokurtosis in futures markets. *Journal of Empirical Finance*, 8(1), pp. 55-81. [https://doi.org/10.1016/s0927-5398\(01\)00020-2](https://doi.org/10.1016/s0927-5398(01)00020-2).
- Conrad, J.; R. F. Dittmar y E. Ghysels (2013). Ex Ante Skewness and Expected Stock Returns. *The Journal of Finance*, 68(1), pp. 85-124. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2012.01795.x>.
- Dichev, I. D. (1998). Is the Risk of Bankruptcy a Systematic Risk?. *The Journal of Finance*, 53(3), pp. 1131-1147. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00046>.
- Dittmar, R. (2002). Nonlinear Pricing Kernels, Kurtosis Preference, and Evidence from the Cross-Section of Equity Returns. *Journal of Finance*, 57, pp. 369-403.
- Fang, H. and T.-Y. Lai (1997). Co-Kurtosis and Capital Asset Pricing. *Financial Review*, 32, 293-307. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6288.1997.tb00426.x>.
- Fletcher, J., y J. Kihanda, (2005). An examination of alternative CAPM-based models in UK stock returns. *Journal of Banking y Finance*, 29(12), pp. 2995-3014. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2004.11.002>.
- Friend, I, y R. Westerfield (1980). Co-Skewness and Capital Asset Pricing. *Journal of Finance*, 35(4), 897-913, <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1980.tb03508.x>.

- González-Urteaga, A.; L. Muga y R. Santamaría (2014). Idiosyncratic coskewness and default risk in the spanish stock market. [Coasimetría idiosincrática y riesgo de insolvencia en el mercado de valores español]. *Revista Espanola de Financiacion y Contabilidad*, 43(3), pp. 290-315. doi:10.1080/02102412.2014.942969.
- Griffin, J. M., y M. L. Lemmon (2002). Book-to-Market Equity, Distress Risk, and Stock Returns. *The Journal of Finance*, 57(5), 2317–2336. <https://doi.org/10.1111/1540-6261.00497>.
- Harvey, C. R., y A. Siddique (2000). Conditional Skewness in Asset Pricing Tests. *The Journal of Finance*, 55(3), 1263-1295. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00247>.
- Hwang, S. y E. Satchell (1999). Modelling emerging market risk premia using higher moments. *International Journal of Finance and Economics*, 4(4), pp. 271-296.
- Jang, J., y J. Kang (2017). An intertemporal CAPM with higher-order moments. *The North American Journal of Economics and Finance*, 42, pp. 314-337. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2017.07.017>.
- Johan K.; K. Dimitrios y K. Gregory (2019). Modeling the Risk Dynamics of Hedge Funds. *Journal of Finance and Investment Analysis*, SCIENPRESS Ltd, 8(1), 1-3.
- Jondeau E.; S.-H. Poon, y M. Rockinger (2007): *Financial modeling under non-Gaussian distributions*. Springer.
- Kraus, A. y R. H. Litzenberger (1976). Skewness Preference and the Valuation of Risk Assets. *The Journal of Finance*, 31, pp. 1085-1100. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1976.tb01961.x>.
- Lal, I., Mubeen, M.; A. Hussain y M. Zubair (2016). An empirical analysis of higher moment capital asset pricing model for Karachi Stock Exchange (KSE). *Open Journal of Social Sciences*, 4, pp. 53-60. doi:<http://dx.doi.org/10.4236/jss.2016.46006>.
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and selection of risky investments in stock portfolio and capital. *Review of Economics and Statistics*, 47, pp. 13-47. doi:<http://dx.doi.org/10.2307/1924119>.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7(1), pp. 77-91.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. Nueva York: John Wiley y Sons.
- Miller, M. y M. Scholes (1972). Rates of return in relation to risk: a reexamination of some recent findings. En *Studies in the Theory of Capital Markets* (47-78). Nueva York: Michael C. Jensen, Praeger Publishing Co.
- Misra, D.; S. Vishnani y A. Mehrotra (2019). Four-moment CAPM model: Evidence from the indian stock market. *Journal of Emerging Market Finance*, 18(1_suppl), S137-S166. doi:10.1177/0972652719831564.
- Mitton, T., y K. Vorkink (2007). Equilibrium Underdiversification and the Preference for Skewness. *Review of Financial Studies*, 20(4). pp. 1255-1288, <https://EconPapers.repec.org/RePEc:oup:rfinst:v:20:y:2007:i:4:p:1255-1288>.
- Mossin, S. (1966). Economic Forces and the Stock Market. *The Journal of Business*, 59(3), pp. 383-403.

- Nishantha, J. M. (2018). Testing the Validity of Conditional Four Moment Capital Asset Pricing Model: Empirical Evidence from the Colombo Stock Exchange. *Staff Studies*, 48(1), 99-129. DOI: <http://doi.org/10.4038/ss.v48i1.4710>.
- Ranaldo, A. y L. Favre (2005). How to Price Hedge Funds: From Two- to Four-Moment CAPM. *SSRN Electronic Journal*. Published. <https://doi.org/10.2139/ssrn.474561>.
- Redondo, J. I. (2019). *Análisis de la estructura de rendimiento y riesgo de los fondos comunes de inversión en la Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Biblioteca Digital Académica.
- Sharpe, W. (1963). A Simplified Model for Portfolio Analysis. *Management Science*, IX, No., enero, pp. 277-293.
- Sharpe, W. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19, pp. 425-442.
- Tobin, James (1958). Liquidity preference as behavior towards risk. *Review of Economic Studies*, 25(2), pp. 65-86.
- Treynor, J. (1961). Market Value, Time, and Risk [Manuscrito no publicado]. pp. 95-209.
- Treynor, J. (1962). Toward a Theory of Market Value of Risky Assets [Manuscrito no publicado]. Londres: Rough Draft.
- Vassalou, M. and Y. Xing (2004). Default Risk in Equity Returns. *Journal of Finance*, 59, pp. 831-868. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2004.00650.x>.
- Vendrame, V.; J. Tucker y C. Guermat (2016). Some extensions of the CAPM for individual assets. *International Review of Financial Analysis*, 44(C), pp. 78-85, <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:finana:v:44:y:2016:i:c:p:78-85>.