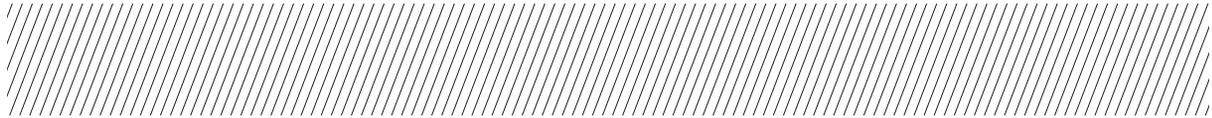


01

**Evolución de los modelos para
la medición del riesgo financiero**
Evolution of the models for
measuring financial risk

Fecha de recepción: 14/01/ 2019

Fecha de aprobación: 3/4/2019



Resumen

Iván Orellana Osorio¹
 Marco Antonio Reyes²
 Estefanía Cevallos Rodríguez³

El propósito de esta investigación será conocer los principales modelos de medición de riesgo sistemático existentes e identificar las variables utilizadas, para posteriormente estudiar la factibilidad en la implementación de los modelos en mercados emergentes como el caso de Ecuador. Por medio de investigación cualitativa y de tipo descriptivo, se logró determinar que los modelos de medición de riesgo han evolucionado significativamente. El modelo CAPM es el más utilizado por inversionistas para medir el riesgo, sin embargo, posee limitaciones y ha recibido críticas por el alto grado de sensibilidad que posee el cálculo del coeficiente BETA. Diversos autores han elaborado modelos de medición de riesgo, a partir del CAPM clásico, entre los que destacan: modelo Zero – Beta CAPM, CAPM Intertemporal, modelo APT (Teoría del Arbitraje), modelo Consumption CAPM, modelo de los Tres Factores de Fama y French y el D – CAPM, sin embargo, ¿qué tan factible es la aplicación de estos modelos en mercados emergentes? Debido al alto grado de volatilidad de las variables utilizadas en los modelos, y principalmente en mercados emergentes como el Ecuador, es necesario plantear nuevos modelos de medición de riesgo aplicables a nuestra realidad, teniendo como referencia de cálculo al modelo CAPM.

Palabras clave

Modelo CAPM, medición de riesgo, mercados emergentes.

Clasificación J.E.L

C11, C15, C22, C65, G32

1

Ecuatoriano. PhD(c) en Administración. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
 ivano@uazuay.edu.ec

2

Ecuatoriano. Ingeniero Comercial. Universidad del Azuay.

mreyes@uazuay.edu.ec

3

Ecuatoriana. Magister en Manejo de Recursos. Universidad del Azuay.
 ecevallosr@uazuay.edu.ec



Abstract

The purpose of this investigation will be to know the main existing systematic risk measurement models and identify the variables used, to later study the feasibility in the implementation of models in emerging markets such as the case of Ecuador. Through qualitative and descriptive research, it was possible to determine that risk measurement models have evolved significantly. The CAPM model has been the most used model by investors to measure risk, however, it has limitations and has received many criticisms due to the high degree of sensitivity of the calculation of the BETA coefficient. Several authors have developed risk measurement models based on the classic

CAPM and the ones that stand out the most are: Zero - Beta CAPM, CAPM Intertemporal, Arbitrage Pricing Theory (APT Model), Consumption CAPM, Fama and French Three-Factor Model and the D - CAPM, nevertheless, how feasible is the application of these models in emerging markets? Due to the high degree of volatility of the critical variables, and mainly in emerging markets such as Ecuador, it is necessary to propose new risk measurement models applicable to our reality, with the CAPM model as calculation reference.

Keywords

CAPM model, Risk measurement, Emerging markets

1. Introducción

La primera regla de la gestión del riesgo es identificar el mismo, la segunda es diversificarlo (Shirreff, 2008).

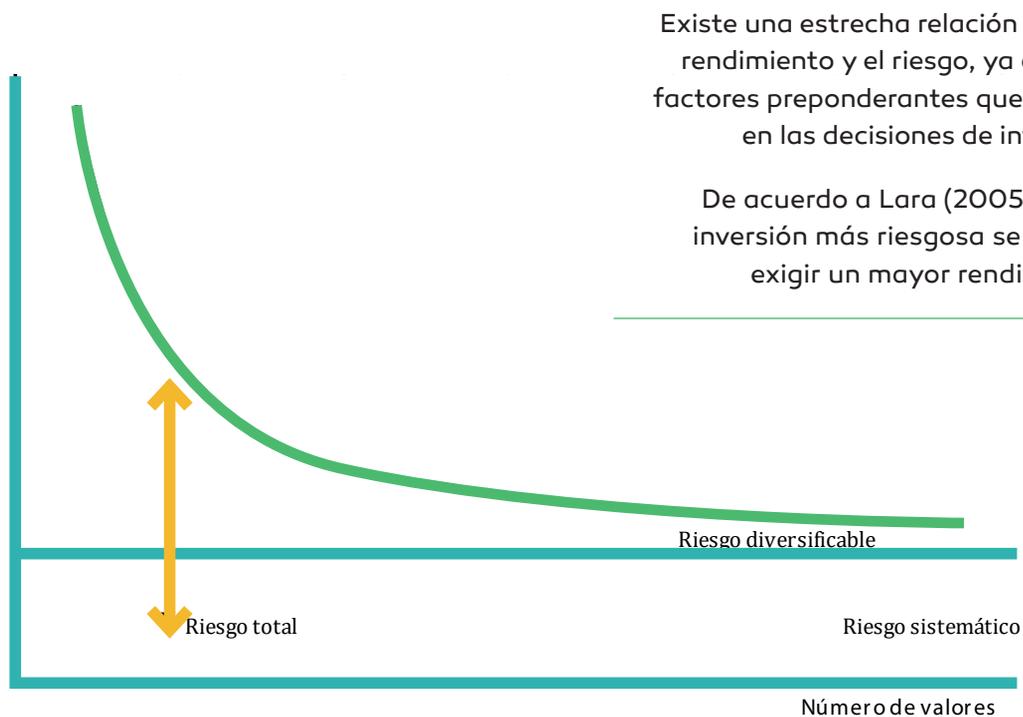
De acuerdo a Echemendía (2011), el riesgo es la posibilidad de perder algo o de tener un resultado no deseado, negativo o peligroso, situación en donde intervendrán dos componentes: la posibilidad o probabilidad de que un resultado negativo ocurra y el tamaño de ese resultado. En base a esto, se puede relacionar al riesgo con cualquier tipo de actividad que se realice, y, por ende, va a estar presente en las empresas y su entorno. En la actualidad, la intervención de más variables ha provocado que exista un mayor nivel de volatilidad, y por ende un mayor riesgo en el mercado. De acuerdo a Orellana (2018), Ecuador al ser una economía en vías de desarrollo, posee problemas adicionales en la medición del riesgo sistemático, a lo cual se le debe agregar el desconocimiento y la falta de mecanismos de evaluación de riesgo que provoca que exista una baja tasa de inversión. Esta situación se repite en todos los países emergentes en mayor o menor escala, en donde, de acuerdo a Hooke (2001) el término "mercados emergentes" se utiliza para referirse a países que se encuentran en varias etapas de desarrollo, poco industrializados, que se caracterizan por ser economías basadas principalmente en *commodities*, pero con el riesgo de una situación política inestable.

Riesgo financiero: riesgo sistemático y no sistemático

En los modelos de medición de riesgo de mercado se analiza el riesgo total, en donde se pueden distinguir dos tipos: riesgo sistemático y no sistemático. El riesgo no sistemático es aquel que afecta a un solo activo o un grupo pequeño de ellos y es provocado por la propia actividad de la empresa. El riesgo sistemático es el que influye en muchos activos, y al tener efectos en todo el mercado, se llama también riesgo del mercado (Ross, Westerfield y Jordan, 2014). Como se puede observar en la figura 1, el riesgo no sistemático se puede eliminar con la diversificación, pero no es posible eliminar el riesgo sistemático.

Figura 1. Riesgo sistemático y no sistemático

Fuente: Ross, et al. (2014).



Introducción a la valoración de activos financieros

Según Markowitz (1952) una manera de reducir el riesgo es a través de la diversificación.

Él presentó un modelo de selección de portafolios que incorporó los principios de diversificación, el cual identifica un conjunto de portafolios eficientes, o la frontera eficiente de activos riesgosos, y en base a este conjunto de portafolios, para cualquier nivel de riesgo, interesa solo el portafolio con el mayor retorno esperado (en Contreras, Stein y Vecino, 2015).

De acuerdo a Tobin (1958), Markowitz en su estudio de la teoría de carteras deja de reforzar muchos puntos. James Tobin analiza un nuevo concepto, que es la preferencia por la liquidez o demanda de dinero, en donde Keynes, hace referencia a tres motivos por los cuales se demanda dinero: para hacer frente a los pagos o gastos, precaución para no generar un desfase entre gastos e ingresos, y como motivo especulativo. El Modelo de Tobin se basa fundamentalmente en el tercer motivo mencionado, y con la introducción de este supuesto, ahora es posible prestar dinero o pedir prestado a una tasa de interés libre de riesgo (en Gimeno, 2014).

2. Métodos

A Enfoque, tipo y diseño de investigación

El estudio realizado para el presente trabajo fue a través de investigación cualitativa y de tipo descriptivo. En base a información de fuentes científicas, se procedió a investigar temas relacionados a los modelos de medición de riesgo financiero, partiendo desde información del entorno y conceptos que servirán para su realización, hasta identificar los principales modelos de medición de riesgo que existen en la actualidad.

Los temas más relevantes que se obtuvieron del análisis de las fuentes bibliográficas analizadas están relacionados a:

- El entorno y la relación con decisiones de inversión.
- Incertidumbre en el mercado y el riesgo.
- La relación de la probabilidad en la elaboración de los modelos de riesgo financiero.
- Variables estadísticas y probabilísticas importantes en los modelos de riesgo, las cuales son: la desviación estándar, la covarianza, la correlación.
- La volatilidad y su relación con los modelos de medición de riesgo financiero.
- Evolución en los modelos de riesgo financiero.

B Técnica de investigación

Para obtener información relevante en el análisis cualitativo se realizó un análisis bibliométrico, por medio del programa Publish or Perish, el cual ayuda a buscar y analizar las principales fuentes académicas para un determinado tema. Las fuentes ocupadas son provenientes de textos, revistas, publicaciones, reportes estadísticos e informes de instituciones gubernamentales, así como de organismos nacionales e internacionales. Para la determinación de los modelos de medición de riesgo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica sistematizada, con el objetivo de identificar los hechos e información más relevante, que permitan conocer a profundidad los principales modelos de medición de riesgo financiero.

3. Resultados

Método de calificación de riesgo CAMEL

El CAMEL es un método de calificación de instituciones financieras que es aplicado por estas entidades como estándar de alerta para la supervisión financiera, y permite medir el riesgo a nivel global mediante el análisis de cinco componentes, en donde se evalúan 20 ratios (López & Pico, 2010).

Las siglas del modelo significan lo siguiente:

C = Capital (Capital)

A = Asset Quality (Calidad de los activos)

M = Management (Administración)

E = Earnings (Ganancias)

L = Liquidity (Liquidez).

Estas son las cinco áreas sobre las cuales concentra su estudio la metodología. Cada uno de los factores o componentes que conforman el CAMEL se califica sobre una escala de 1 (más alto) a 5 (más bajo), para lo cual existe una gama de criterios que determinan cada calificación (Parédez, 2018).

La interpretación de las calificaciones, de acuerdo a Federal Reserve Board (1979), son las siguientes:

CAMEL 1.- Instituciones financieras sólidas en todos los aspectos y son resistentes a influencias externas. Estas instituciones cumplen sustancialmente con las leyes y regulaciones, y exhiben prácticas más sólidas de desempeño y administración de riesgos en relación con el tamaño, la complejidad y el perfil de riesgo de la institución. En general no son motivo de preocupación.

CAMEL 2.- Instituciones financieras que poseen debilidades moderadas, son estables y capaces de soportar las fluctuaciones de los negocios. Estas instituciones cumplen sustancialmente con las leyes y regulaciones. Las prácticas generales de gestión de riesgos son satisfactorias en relación con el tamaño, la complejidad y el perfil de riesgo de la institución. En general, no son motivo de preocupaciones de supervisión importantes.

CAMEL 3.- La administración puede carecer de la capacidad para abordar las debilidades de manera efectiva. Estas instituciones son menos capaces de soportar las fluctuaciones de negocios, son más vulnerables a las influencias externas y pueden estar en un incumplimiento significativo de las leyes y regulaciones. Las prácticas de gestión de riesgos pueden ser menos que satisfactorias en relación con el tamaño, la complejidad y el perfil de riesgo de la institución. Estas instituciones requieren una supervisión superior a la normal.

CAMEL 4.- Las instituciones financieras en este grupo exhiben prácticas o condiciones inseguras y no sólidas, en donde existen graves deficiencias financieras o de gestión. Estas instituciones no son capaces de soportar las fluctuaciones de los negocios y existe un importante incumplimiento de las leyes y regulaciones. Las prácticas de gestión de riesgos son generalmente inaceptables en relación con el tamaño, la complejidad y el perfil de riesgo de la institución. En general, se requiere una estrecha atención de supervisión y el fracaso es una posibilidad clara.

CAMEL 5.- Las instituciones financieras en este grupo exhiben prácticas o condiciones extremadamente inseguras y un rendimiento críticamente deficiente y las prácticas de gestión de riesgos inadecuadas en relación con el tamaño, la complejidad y el perfil de riesgo de la institución. Se necesita asistencia financiera externa y es necesaria la atención continua de supervisión. Las instituciones en este grupo representan un riesgo significativo y el fracaso es altamente probable.

En 1997 se incluyó un nuevo componente (S) para medir la sensibilidad al riesgo de mercado de las instituciones financieras; el modelo se transformó a CAMELS (Campoverde, 2012).

Value at Risk (VaR)

En la actualidad los bancos y empresas en general divulgan su exposición a los riesgos del mercado a través del Valor en Riesgo (*Value at risk* en inglés), método estadístico que sirve para cuantificar el riesgo, el cual indica la mayor pérdida esperada en un determinado periodo de tiempo. De acuerdo a Claro, Contador y Quiroga (2006), los riesgos que trata de administrar el VaR, se los puede subdividir en:

- Riesgo de mercado
- Riesgo de crédito
- Riesgo de liquidez
- Riesgo operacional
- Riesgo legal.

El nivel de confianza, de acuerdo a Morales (2015), dependerá de la funcionalidad del modelo y de la distribución de probabilidad escogida, sin embargo, un nivel de confianza elevado (99%) es recomendable para mantener un sistema financiero sano.

La medición del VaR, de acuerdo a Johnson (2001), realizada con un nivel de significancia del 5%, se define por el límite superior de la integral de la función de retornos esperados:

$$E[r] - VaR = \int_{-\infty}^{\alpha} r(s) ds$$

Existe una expresión alternativa:

$$VaR = \alpha \cdot \sqrt{\sigma^2 \cdot \Delta t}$$

Donde:

- α = factor que define el área de pérdida de los retornos.
- σ^2 = varianza de los retornos.
- Δt = horizonte del tiempo para el cual se realizará el cálculo.

Ejemplo de cálculo del Var:

- Retorno esperado = 4%.
- Desviación estándar = 2%.
- Área de pérdida (5%) = 1,645
- VaR (con nivel de significancia del 5%) = 3,29%.

De acuerdo al ejercicio analizado, el portafolio podría sufrir una pérdida superior al 3,29% en sus retornos esperados, pasando del 4% a 0,71% o menos, solamente el 5% de las veces. Cabe mencionar que el valor en riesgo decrece, en general, a medida que la escala temporal aumenta.

Modelo CAPM

El principal temor que posee un inversionista está relacionado con el retorno esperado, cuya relación retorno-riesgo, de acuerdo a Vidaurre (2016), fue estudiada por Markowitz en su publicación "selección de portafolios", de donde nace el Capital Asset Pricing Model (CAPM), modelo de valoración de activos financieros propuesto originalmente por Sharpe y Lintner, el cual supone que el coeficiente Beta es la base de medida del riesgo apropiada. Para la implementación del modelo, de acuerdo a Bautista (2013), es necesario que exista un mercado establecido, que tenga un suficiente nivel de desarrollo y un alto grado de transparencia en la información. La fórmula que se presenta a continuación codifica el resultado más importante del modelo CAPM, para lo cual primeramente se indicarán algunos términos:

- R_e = Rentabilidad mínima esperada por los inversionistas.
- R_i = Tasa libre de riesgo.
- R_M = Rentabilidad promedio para un periodo cualquiera.
- $(R_M - R_i)$ = Premio por riesgo.

Planteando un negocio estrictamente promedio, cuyos resultados (R_e) son los mismos del mercado:

$$R_e = R_m$$

Separando la rentabilidad esperada por los inversionistas: rentabilidad libre de riesgo y el premio esperado por exponerse al riesgo sistemático, se puede expresar la ecuación de la siguiente manera:

$$R_e = R_i + (R_m - R_i)$$

Introduciendo el factor Beta (β), se tendría la siguiente expresión:

$$R_e = R_i + \beta(R_m - R_i)$$

Esta fórmula, de acuerdo a Bautista (2013), representa el resultado más importante del modelo CAPM, la cual indica que la corrección por riesgo sistemático que las empresas deben incluir en su rentabilidad queda evaluada por el parámetro β . Un Beta mayor que 1 indica que la compañía está expuesta a mucho riesgo sistemático, y un beta igual o menor que 1 indica que el riesgo es bajo o moderado.

Modelos sugeridos a raíz del planteamiento CAPM

De acuerdo a Gimeno (2014), debido a las limitaciones del modelo CAPM en su aplicación empírica a la realidad, surgieron modelos complementarios al modelo propuesto por William Sharpe (1964).

Modelo Zero – Beta CAPM: Black (1972)

Modelo que trabaja una cartera con riesgo sistemático igual cero, es decir, una cartera formada por títulos con beta igual a cero. Este modelo parte de las hipótesis del modelo CAPM, pero con una diferencia: el no exigir pedir prestado ni prestar dinero a la tasa del activo libre de riesgo. Es decir que el inversor, al no tener la oportunidad de invertir en el activo libre de riesgo, formará una cartera cuya correlación con la cartera de mercado sea igual a 0 (Gimeno, 2014).

Según Gimeno (2014), a partir del modelo CAPM clásico se deriva lo siguiente:

$$E(R_i) = E(R_{0,M}) + \beta_{i,M} * (R_M - E(R_{0,M}))$$

Donde:

- $E(R_i)$ = Rentabilidad esperada de la cartera.
- $E(R_{0,M})$ = Rentabilidad esperada del activo o cartera con Beta igual a 0 con respecto a la cartera de mercado.
- $\beta_{i,M}$ = Sensibilidad del rendimiento del activo o cartera ante variaciones en el rendimiento de la cartera de mercado.
- $(R_M - E(R_{0,M}))$ = Prima de riesgo de mercado.

El modelo Zero Beta CAPM indica que una tasa de interés libre de riesgo no es necesaria para que el CAPM sea válido. Los inversores mantienen diferentes carteras de riesgo, sin embargo, todas estas tienen lugar en la frontera eficiente. (Köseoğlu & Mercangöz, 2013).

Intertemporal CAPM o CAPM Intertemporal: Merton (1973)

De acuerdo a Gimeno (2014), Merton, con la intención de acercarse más al mundo real, crea un nuevo modelo llamado I – CAPM (CAPM en tiempo continuo), el cual divide el riesgo sistemático del CAPM en dos factores:

- La rentabilidad de la cartera de mercado común para todos los inversores (igual que el CAPM).
- El factor “relación con el estado de la economía”.

El modelo, según Gimeno (2014), es el siguiente:

$$E(R_i) = E(R_{O,M}) + \beta_{i,M} * (R_M - E(R_{O,M}))$$

$$\sum_{k=1}^N \beta_{i,K} * (R_K - R_f)$$

Representa la variable que incluye todos los factores macroeconómicos

Con la introducción de la variable mencionada, el modelo justifica y demuestra que los rendimientos son cambiantes a medida que cambia el periodo económico. El activo tendrá una relación positiva o negativa con el nuevo factor añadido, determinada por el β_i, K .

De acuerdo a Machado, Bortoluzzo, Martins y Sanvicente (2013), la contribución básica del I- CAPM es el reconocimiento de la posibilidad de cambios en el conjunto de oportunidades de inversión. El conjunto de oportunidades de inversión consiste en todas las combinaciones posibles entre el activo libre de riesgo y la cartera de equilibrio del mercado

de todos los activos riesgosos, sin embargo, no se puede suponer que la tasa libre de riesgo y la proporción (máxima) de Sharpe para la cartera del mercado no cambiarán con el tiempo. Eso significa que los inversionistas exigirán activos que puedan protegerlos contra tales cambios adversos, en este contexto, el I-CAPM predice que la prima de riesgo de un activo dependerá no solo de la covarianza de su tasa de rendimiento con el rendimiento de la cartera de mercado, sino también de las covarianzas con variables de estado (variables que se utilizan para describir el “estado” matemático de un sistema dinámico).

Modelo APT (Arbitrage Pricing Model): Ross (1976)

Actualmente existen dos teorías rigurosas para el cálculo del equilibrio entre el riesgo y la rentabilidad de los activos: el Capital Asset Pricing Model (CAPM) y el Arbitrage Pricing Theory (APT). Mientras el CAPM señala que existe un solo riesgo no diversificable que influye sobre las rentabilidades de los activos (riesgo de mercado), el APT acepta diferentes fuentes de riesgo sistemático (Rayón, 2017).

La importancia de los modelos multifactores macroeconómicos desde la perspectiva del Arbitrage Pricing Theory (APT) fue reflejada a partir del trabajo realizado por Chan, Chen y Hsieh (1985). A partir de esto, diversos investigadores comenzaron a modelar las rentabilidades de los activos como funciones de innovaciones macroeconómicas construidas a partir de conjuntos de variables macroeconómicas consideradas fuerzas exógenas (Leyva, 2014).

El modelo APT es un modelo que trata de llegar a conclusiones sobre los precios de los activos financieros con un marco teórico menos rígido que el de los modelos de equilibrio, y a diferencia del CAPM, intenta buscar dicho precio mediante operaciones de arbitraje (Gimeno, 2014). De Sousa (2013) propone la siguiente ecuación, la cual es aplicada en Brasil:

$$R_{it} = a_i + \beta_{i1}Ativ_t + \beta_{i2}Desemp_t + \beta_{i3}DJ_t + \beta_{i4}Infl_t + \beta_{i5}Risco_t + \beta_{i6}Camb_t + \beta_{i7}Juro_t + \epsilon_{it}$$

Donde:

- R_i = Retorno de la acción i en el período t .
- a_i = Coeficiente lineal (retorno mínimo esperado en ausencia de riesgo)
- F_k = Valor correspondiente a cada factor k .
- $Ativ_t$ = Índice de desempleo en el período t .
- DJ_t = Índice Dow Jones de la Bolsa de Valores de Nueva York en el período t .
- $Infl_t$ = Índice de Precios al Consumidor en el período t .
- $Riscot$ = El Riesgo País en el período t .
- $Camb_t$ = Tasa de cambio del real frente al de Estados Unidos de América en el período t .
- $Juro_t$ = Tasa de Interés del mercado en el período t .
- β_{i1} a β_{i7} = Beta de la acción i para

Modelo Consumption CAPM: Rubinstein (1976)

De acuerdo a Gimeno (2014), este modelo analiza el problema que tienen los agentes o inversionistas, a la hora de gestionar sus carteras para determinar la cantidad de riqueza que quieren invertir y la cantidad de riqueza que necesitan para consumir. La tasa a la que el inversor está dispuesto a reducir su consumo actual para incrementar su consumo futuro, representa la variable con la que se medirá el riesgo sistemático de los activos financieros a estudiar, esta variable se denomina tasa de crecimiento del consumo. El modelo C-CAPM se da por medio de la siguiente ecuación:

$$E(R_i) = R_f + \beta_{i,C} * (R_M - R_f)$$

Donde:

- R_i = Retorno de la acción i .
- R_f = Tasa libre de riesgo.
- $\beta_{i,C}$ = Beta de consumo.
- $(R_M - R_f)$ = Precio del riesgo.

El modelo CAPM propone que la riqueza es consumida por los inversores después de un determinado período, donde la riqueza y el consumo terminaban mezclándose. En esta nueva propuesta las deliberaciones de consumo y asignación son separadas (a pesar de ser modeladas al mismo tiempo). En esta situación una persona puede negociar sus activos libremente con el objetivo de maximizar su función "utilidad intertemporal". Por el hecho de que el factor de descuento entre dos períodos depende del nivel de consumo, el modelo CAPM Intertemporal se denomina Consumption CAPM (Morozini, Cardoso, & Ferreira, 2009).

Además, de acuerdo a Morozini et al. (2009) el modelo CAPM es estático al igual que el Arbitrage Pricing Theory (APT), razón por la cual se ignoran decisiones de consumo del individuo, ya que se trata la valoración de los activos correlacionada con la cartera de los inversores.

Modelo de los Tres Factores de Fama y French: Fama y French (1993)

De acuerdo a Gimeno (2014), Fama y French, en sus estudios concluyeron que el coeficiente Beta no explica, para una muestra representativa de observaciones, la rentabilidad de los activos financieros. Por el contrario, variables como el ratio precio-beneficio y valor en libros/valor en el mercado, explican más representativamente la relación entre la variable objeto de estudio y el retorno del activo financiero. El rendimiento de cualquier activo o cartera está explicado por:

- La sensibilidad del rendimiento ante variaciones en las rentabilidades de la cartera.
- La sensibilidad de dicho activo al tamaño del mismo, denominado SMB (Small Minus Big), y el ratio book-to market, corresponde al ratio valor de mercado a valor contable, es definido como HML (High Minus Low).

En base a lo mencionado, de acuerdo a Gimeno (2014), el modelo se expresa de la siguiente manera:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i * (R_M - R_f) + \beta_{SMB} * E(R_{SMB}) + \beta_{HML} * E(R_{HML})$$

Donde:

- R_f = Modelo CAPM inicial.
- $E(R_{SMB})$ = Rentabilidad esperada del factor SMB.
- $E(R_{HML})$ = Rentabilidad esperada del factor HML.
- β_{SMB} y β_{HML} = Sensibilidades de la rentabilidad del activo en estudio ante variaciones en la rentabilidad de la nueva variable correspondiente.

Este modelo no se puede aplicar de manera estricta en mercados emergentes, debido a particularidades de estos países mencionadas anteriormente, pero se lo puede acoplar por medio de técnicas estadísticas para medir la relevancia del modelo (López, 2015).

Modelo D – CAPM: Estrada (2002)

De acuerdo a Gimeno (2014), Javier Estrada, preocupado por la validez del Beta como una medida de riesgo elabora un nuevo modelo denominado D-CAPM (Downside CAPM).

De acuerdo a Campos et al. (2005), Estrada afirma que dentro del esquema CAPM, el riesgo se evalúa por la varianza de la rentabilidad de las inversiones, y este es un cálculo cuestionable y restrictivo, además sostiene que la semivarianza de la rentabilidad es una medida de riesgo más exacta.

De acuerdo a Marín (s. f.), reemplazando el Beta tradicional por el Downside Beta, se obtiene la siguiente expresión:

$$E(R_i) = Rf + \beta_{D/i}(E(R_M) - Rf)$$

El modelo D-CAPM es utilizado para economías emergentes y toma en cuenta las medidas del riesgo a la baja sobre las medidas estándar de riesgo, en particular el coeficiente beta a la baja. El modelo explica de qué manera los rendimientos son mucho más sensibles a los betas bajos en los mercados emergentes (Cervantes, Villalba, & Carmona, 2013). Además, de acuerdo Campos et al. (2005), los resultados de Estrada demuestran las ventajas del downside beta, ya que este explica casi el 55% de la variabilidad en un amplio extracto de la rentabilidad en mercados emergentes, y es una herramienta eficaz porque los mercados emergentes son más sensibles a las diferencias en el downside beta que a las diferencias iguales en el beta.

Metodologías del cálculo del Beta

En base al modelo CAPM, a continuación, se presentan posibles formas de calcular el Beta, que, de acuerdo a Támara, Chica y Montiel (2017), son las siguientes:

El Beta de mercado. – Se lo hace por medio de una regresión lineal entre los rendimientos del activo frente a los rendimientos del mercado durante un período razonable, en donde la ordenada representa el rendimiento del activo y la abscisa el rendimiento del mercado:

$$R_i = \alpha + \beta \cdot R_M$$

Beta ajustado. – De acuerdo a Támara et al. (2017), con el tiempo las betas de las empresas tienden a "1" y es necesario realizar un ajuste. La convergencia de las betas son diferentes, esta depende de qué tan diversificada sea la empresa. La empresa de información financiera Bloomberg, propone la siguiente fórmula para el cálculo del Beta Ajustado:

$$\beta_{AJUSTADO} = \frac{2}{3} + \beta_{REGRESIÓN} + \frac{1}{3}$$

Beta ajustado por caja. – De acuerdo a Támara et al. (2017), algunas empresas poseen excedentes de caja, lo cual no hace parte del negocio, situación que implica que cualquier empresa que posea un excedente de caja tenga la obligación de corregir su Beta, esto se logra con la siguiente fórmula:

$$\beta_{CORREJIDA\ DESAPALANCADA} = \frac{\beta_{DESAPALANCADA}}{1 - \frac{\text{Caja excedente}}{\text{Valor de la empresa}}}$$

Betas contables. - De acuerdo a Támara et al. (2017), este tipo de Betas sirve para estimar los parámetros de riesgo relativo de las ganancias contables y dejar de lado el de los precios negociables. Las variaciones de los ingresos en una empresa pueden relacionarse frente a los cambios en las ganancias del mercado durante ese mismo período. Para el cálculo de las Betas contables se debe calcular el ROA y el ROE, adicional se calcula el logaritmo natural de cada uno de estos indicadores.

Beta país. – De acuerdo a Campos et al. (2005), se debe analizar el componente $\beta_{UNLEVERED\ USA}$ ($r_M - r_F$) USA de acuerdo al país, el cual va a ser más arriesgado que Estados Unidos, en donde para reflejar esta situación es necesario multiplicar este componente por un β_C (β Country), que es el β del país.

Modelos de Arch y Garch: Engle (1982)

Dentro de las formas de cálculo de la volatilidad propuesto por Lara (2005), se encuentra el modelo de Arch y Garch, el cual es muy utilizado por administradores de riesgo, ya que el pronóstico de la volatilidad captura en gran medida la heterocedasticidad de la serie de tiempo y supone que la varianza de una serie cronológica es constante. De acuerdo a Chávez (2018), a diferencia de los modelos estadísticos clásicos con varianza homoscedástica como los gaussianos, para los que la incertidumbre es siempre estática, los modelos Arch y Garch de varianza heteroscedastica definen de un modo operacional de incertidumbre dinámica. De acuerdo a Lara (2005), para comprender el modelo se debe considerar un modelo autorregresivo de orden AR (1):

$$r_t = a_0 + a_1 r_{t-1} + \epsilon_t$$

Además, de acuerdo a Lara (2005), para que el modelo Arch tenga menores coeficientes, Bollerslev propuso generalizar el modelo, expresando la varianza como un proceso ARMA (autorregresivo y de promedios móviles), modelo denominado Garch (modelo Arch generalizado):

$$\sigma^2_t = \omega + \alpha \epsilon^2_{t-1} + \beta \sigma^2_{t-1}$$

Donde:

- σ_t es la varianza condicional de los términos .
- $\omega > 0$ y $\alpha, \beta \geq 0$ son parámetros que aseguran que la varianza es positiva.
- $\alpha + \beta$ representa la persistencia y debe ser menor a 1.
- $\alpha + \beta < 1$ aseguran que el pronóstico de la volatilidad tiene reversión a la media.

El uso de esta metodología es frecuente en los países desarrollados, en el caso de Latinoamérica, los estudios para modelar los rendimientos han sido escasos. Particularmente, Ruiz (2009) analiza los rendimientos cambiarios de trece países latinoamericanos usando modelos ARCH de factores comunes de dos variables (en Ruiz & Fregoso, 2017).

Ratio Sharpe

De acuerdo a Contreras et al. (2015), William Sharpe, a través del indicador "ratio de Sharpe", propone un modelo simplificador del modelo de selección de portafolio de Markowitz, al reducir el número de datos requeridos para su uso. La Bolsa de Comercio de Rosario (2010), indica que el ratio Sharpe describe cuánto es el retorno en exceso que se está recibiendo por la volatilidad extra que se asume por mantener un activo riesgoso, a través de la siguiente fórmula:

$$S (X) = \frac{r x - r f}{\sigma x}$$

Donde:

- x = Inversión
- rx = Tasa de retorno promedio
- rf = Mejor tasa de retorno disponible para una obligación libre de riesgo
- σx = Desviación estándar de rx .

Credit Scoring

De acuerdo a Leal, Aránguiz y Gallegos (2018), para evaluar el riesgo de crédito destaca el credit scoring, cuyo éxito está en la calidad del algoritmo utilizado y de la existencia de un sistema eficiente de análisis de datos. Los principales modelos de Credit Scoring en la banca, son los siguientes:

Análisis Discriminante.- Altman (1968, 2000) logró clasificar cinco categorías estándar de indicadores, entre ellos liquidez, rentabilidad, apalancamiento, solvencia y rentabilidad. La función discriminante final de Altman para empresas manufactureras que se negocian públicamente es la siguiente, de acuerdo a Hernández (2014):

$$Z=1,2 (X1)+1,4 (X2)+3,3 (X3)+0,6 (X4)+0,999 (X5)$$

Donde:

- X1 = capital de trabajo / activos totales
- X2 = utilidades retenidas / activos totales
- X3 = utilidades antes de intereses e impuestos / activos totales
- X4 = valor de mercado del patrimonio / valor en libros del total de la deuda
- X5 = ventas / activos totales
- Z = índice general.

Modelos Logit.- De acuerdo a Rayo et al. (2010), los modelos de regresión logística permiten calcular la probabilidad que tiene un cliente para pertenecer a uno de los grupos establecidos a priori. La principal ventaja del modelo de regresión logística radica en que no es necesario plantear hipótesis de partida, como por ejemplo la normalidad de la distribución de las variables, mejorando el tratamiento de las variables cualitativas o categóricas. La ecuación o función logística, es la siguiente:

$$P(Y) = x = \frac{exp^y}{1 + exp^y}$$

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots \beta_K X_K$$

Donde:

- P = Función de probabilidad
- Y = Combinación lineal del tipo.

Además, se puede mencionar otros modelos de Credit Scoring, como son:

Modelos de Probabilidad Lineal.- Utilizan un enfoque de regresión por cuadrados mínimos, donde la variable dependiente toma el valor de uno (1) si un cliente es fallido, o el valor de cero (0) si el cliente cumple con su obligación de pago (Rayo et al., 2010).

Modelos de Programación Lineal.- Método encuadrado dentro de los modelos no paramétricos de credit scoring. En general, este tipo de modelos presentan mayor validez cuando se desconoce la forma que pueda mantener la relación funcional entre las variables (Rayo et al., 2010).

Redes Neuronales.- De acuerdo a Rayo et al. (2010), es una metodología catalogada dentro de las técnicas no paramétricas de credit scoring, que tratan de imitar al sistema nervioso, de modo que construyen sistemas formados por nodos interconectados entre sí.

Árboles de Decisión.- No está sujeta a supuestos estadísticos referentes a distribuciones o formas funcionales, la cual presenta relaciones visuales entre los grupos de la variable respuesta y el riesgo, por esta razón, este método es muy usado en el credit scoring (Rayo et al., 2010).

Tabla 1. Cuadro comparativo de modelos de medición de riesgo

MODELO	CARACTERÍSTICAS
Método CAMEL	Método de calificación de instituciones financieras, que permite medir el riesgo a nivel global mediante el análisis de 5 componentes: capital, calidad de activos, administración, ganancias y liquidez.
Value at Risk (VAR)	Método estadístico para cuantificar el riesgo, el cual indica la máxima pérdida esperada en un periodo de tiempo y con un nivel de confianza dados, en condiciones normales de mercado.
CAPM	Modelo de valoración de activos financieros que posee como base de medida del riesgo al coeficiente BETA.

Zero - Beta CAMP	Trabaja una cartera con riesgo sistemático igual a cero, es decir, una cartera formada por títulos con beta igual a cero.
Intertemporal Camp	Divide el riesgo sistemático del CAMP en dos factores: la rentabilidad de la cartera de mercado común para todos los inversores y el factor: relación con el estado de la economía.
Arbitrage Pricing Model	Busca llegar a conclusiones sobre los precios de los activos financieros mediante operaciones de arbitraje.
Consumption Camp	Utiliza la variable "tasa de crecimiento del consumo", la cual representa la tasa a la que el inversor está dispuesto a reducir su consumo actual para incrementar su consumo futuro.
Tres factores de Fama y French	Las variables: ratio precio-beneficio y valor en libros/valor en el mercado, explican más representativamente la relación entre la variable objeto de estudio y el retorno del activo financiero.
D - CAMP	Se utiliza a la semivarianza de la rentabilidad como una medida de riesgo más exacta, en lugar de varianza de rentabilidad de las inversiones.
Arch y Garch	Utilizan la varianza heteroscedástica, con un modo operacional de incertidumbre dinámica, a diferencia de los modelos estadísticos clásicos con varianza homoscedástica, para los que la incertidumbre es siempre estática.
Ratio Sharpe	Modelo simplificador del modelo de selección de portafolio de Markowitz. Indica que la medida más común para medir el riesgo frente al retorno es el coeficiente Sharpe, fórmula que relaciona la volatilidad del precio con el retorno actual.
Credit Scoring	Evalúa el riesgo de crédito y propone automatizar el proceso de gestión de créditos, en base a un conjunto de variables relevantes de decisión.

Elaboración propia.

4. Discusión y conclusiones

Los modelos de medición de riesgo financiero actuales se han podido elaborar gracias al aporte de muchos estudiosos del tema, se puede mencionar a Markowitz (modelo de selección de portafolios), Tobin quien reforzó la teoría de Markowitz, JP Morgan uno de los pioneros en la gestión del riesgo y dio origen a la metodología del valor en riesgo, el VaR, Sharpe y Lintner que propusieron el modelo CAPM, además se destacan otras personas que crearon modelos complementarios al CAPM clásico, como es el caso de Black, Merton, Ross, Rubinstein, Fama, French y Estrada. En la actualidad, la mayoría de empresas divulgan su exposición a los riesgos del mercado a través del VaR, el cual indica la mayor pérdida esperada en un determinado periodo de tiempo.

El Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM) permite la valoración de activos financieros, teniendo como base de medida del riesgo al coeficiente Beta. Este modelo ha recibido críticas, debido principalmente al alto grado de sensibilidad existente en el valor del coeficiente Beta, el cual variará dependiendo el horizonte de tiempo utilizado para el cálculo. El modelo CAPM, debido a su sencillez y facilidad empírica, ha sido el modelo más utilizado por inversionistas para medir el riesgo, por otra parte, debido a su sencillez, posee muchas limitaciones en la forma de cálculo, por lo cual diversos autores han elaborado modelos de medición de riesgo, surgidos a raíz de las limitaciones del CAPM clásico, entre los que destacan: modelo Zero – Beta CAPM, CAPM Intertemporal, modelo APT, modelo Consumption CAPM, modelo de los Tres Factores de Fama y French y el D – CAPM.

Para la aplicación del modelo CAPM clásico, se necesita disponer de un mercado establecido y con información confiable, situación que no sucede en mercados emergentes, como es el caso del Ecuador, por lo cual es necesario implementar modelos de medición de riesgo acordes a las circunstancias de estos países. Se han realizado adaptaciones a los modelos existentes, teniendo como base de medida al modelo CAPM, tal es el caso del D-CAPM que es considerado una herramienta eficaz para medir el riesgo en los mercados emergentes. Sin embargo, se debe considerar que los países poseen realidades distintas, razón por la cual, las variables que se pretenda incorporar en los modelos se las debe analizar por separado.

En el caso del Ecuador, al ser una economía en vías de desarrollo, posee problemas adicionales en la medición del riesgo sistemático, debido principalmente a la inmadurez del mercado bursátil del país. En base a lo mencionado, el nivel de credibilidad y confianza en la aplicación de modelos de medición de riesgo en el país, dependerá principalmente de la introducción de variables macroeconómicas que ayuden a predecir el comportamiento del mercado de una manera más precisa, tal es el caso del riesgo país, el PIB (se analizará principalmente el precio del petróleo, debido a la gran dependencia de este rubro en la economía del país), el interés y tasa de cambio, y la inflación. La medición y gestión del riesgo en el Ecuador permitirá ofrecer información importante a los diferentes grupos de interés, incentivando de esta manera la inversión y facilitando la toma de decisiones en busca de reducir el riesgo.

Referencias

- Bautista, R. (2013). *Incertidumbre y riesgos en decisiones financieras*. Bogotá: Eco Ediciones.
- Bolsa de Comercio de Rosario (2010). *Analizando la ratio Sharpe*. Recuperado de: http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/Newsletters/Noticias%20del%20mundo%20de%20los%20derivados/noticias%202010_3007_622.pdf
- Campos, S., Castro, M., Cuy M. & Ferrer G. (2005). *CAPM en mercados emergentes*. Barcelona: Universidad Pompeu Fabra.
- Campoverde, H. (2012). *Sistema de Alerta Temprana: Modelo CAMEL para empresas del sector productor alimenticio de la ciudad de Cuenca. Período 2013- 2015* (tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Cervantes, T., Villalba, S., & Carmona, E. (2013). *Aplicación del modelo CAPM y D-CAPM en las empresas que han conformado el IPC en periodos de crisis para la medición del riesgo sistemático*. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/269758691>
- Chávez, N. (2018). "Modelos ARCH Y GARCH". *Revista Varianza*, n.1.
- Claro, F., Contador, S., & Quiroga, C. (2006). *Teoría del Valor Extremo: Aplicación de la teoría al Índice NASDAQ*. Universidad de Chile.
- Contreras, O., Stein, R., & Vecino, C. (2015). "Estrategia de inversión optimizando la relación rentabilidad-riesgo: evidencia en el mercado accionario colombiano". *Estudios Gerenciales*, 31(137), pp. 383-392.
- De Sousa, F. (2013). "Modelo de valoración de activos financieros (CAPM) y teoría de valoración p o r arbitraje (APT): Un test empírico en las empresas del sector eléctrico brasileño". *Cuadernos de Contabilidad*, 14(35), pp. 731-746.
- Echemendía, B. (2011). "Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones". *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(3), pp. 470-481.
- Federal Reserve Board. (1979). *Uniform financial institutions rating system*. Recuperado de <https://www.federalreserve.gov/boarddocs/press/general/1996/19961224/>
- Gimeno, M. (2014). *Evolución del modelo CAPM a lo largo de la historia de la economía financiera* (trabajo de fin fe grado). Facultad de ciencias económicas y empresariales. Universidad Pontificia. Madrid: Comillas de Madrid.
- Hernández, M. (2014). "Modelo financiero para la detección de quiebras con el uso de análisis discriminante múltiple". *InterSedes*. *Revista de las Sedes Regionales*, XV (32), 4-19.

Hooke, J. C. (2001). *Emerging markets: a practical guide for corporations, lenders, and investors*. New York: Wiley.

Köseoğlu, S. D., & Mercangöz, B. A. (2013). "Testing the Validity of Standard and Zero Beta Capital Asset Pricing Model in Istanbul Stock Exchange". *International Journal of Business, Humanities and Technology*, 3(7), pp. 58-67.

Johnson, C. A. (2001). "Value At Risk: Teoría Y Aplicaciones". *Estudios de Economía*, 28 (2), 217-247.

Lara, A. (2005). *Medición y control de riesgos financieros* (3rd ed.). México D.F: Editorial Limusa.

Leal A., Aránguiz, M. & Gallegos J. (2018). "Análisis de riesgo crediticio, propuesta del modelo credit scoring. Revista Facultad de Ciencias Económicas" *Investigación y Reflexión*, 26(1), 181-207. <https://dx.doi.org/10.18359/rfce.2666>

León, C., & Miranda, M. (2003). *Análisis macroeconómico para la empresa*. Recuperado de <http://fca-sua.contad.unam.mx/2006/1237/docs/apunte.pdf>

Leyva, E. (2014). "Modelos multifactores macroeconómicos desde la perspectiva del Arbitrage Pricing Theory (APT)". *Análisis Económico*, XXIX (71), pp. 113-135.

López, J. (2015). *El modelo de tres factores de Fama & French: aplicación en el mercado de valores peruano*. Recuperado de <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/la/15/mercado-peruano.html>

López, F., & Pico, Y. (2010). *Aplicación del Modelo CAMEL a los cuatro Bancos más grandes del Ecuador para el periodo 2008-2009*. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1499/1/tif62.pdf>

Marín, C. (s. f.). *CAPM vs Downside CAPM and the traditional performance measures vs performance measures in downside risk framework for emergings markets*. Recuperado de: [http://www.dafi.ase.ro/revista/6/Marin CorinaValentina.pdf](http://www.dafi.ase.ro/revista/6/Marin%20CorinaValentina.pdf)

Morales, D. (2015). Quito: Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador.

Morozini, J. F., Cardoso, C. E., & Ferreira, E. G. (2009). "Estudo Sobre a Dinâmica Do Consumption Capital Asset Pricing Model (C-Capm): Um Estudo Teórico". *Revista Universo Contábil* 5(2). <https://doi.org/10.4270/ruc.2009210>

Orellana, I. (2018). *Modelización del riesgo financiero en el sector industrial de elaboración de productos alimenticios (ciiu-c10) en Cuenca – Ecuador (Plan de tesis doctoral)*. Universidad Nacional de Rosario. Rosario: Argentina.

Parédez, C. (2018). *Riesgo y rendimiento: Análisis del método de evaluación CAMEL aplicado a cooperativas del segmento 1 (Maestría)*. Cuenca: Universidad del Azuay.

- Portolano Machado, O., & Bruscato Bortoluzzo, A., & Martins, S., & Zoratto Sanvicente, A. (2013). "Inter-temporal CAPM: An Empirical Test with Brazilian Market Data". *Revista Brasileira de Finanças*, 11(2), pp. 149-180.
- Rayo, S., Lara, J., y D. Camino. (2010). "Un Modelo de Credit Scoring para instituciones de microfinanzas en el marco de Basilea II". *Revista de Economía, Finanzas y Ciencias Administrativas* 15 (28).
- Rayón, L. (2017). "Modelo multifactorial APT para el análisis de los factores de riesgo macroeconómico a los que se exponen los hedge funds". *EconoQuantum*14(1), 7-33.
- Ross, S., Westerfield, R., & Jordan, B. (2010). *Fundamentos de finanzas corporativas*. México D.F.: McGraw-Hill Education.
- Ruiz-Porras, Antonio & Fregoso-Becerra, Luis. (2016). "Modelación de los rendimientos cambiarios de Asia y Latinoamérica: un análisis basado en los modelos GARCH, TGARCH y EGARCH". *Revista Chilena de Economía y Sociedad* 10, pp. 62-75.
- Shirreff, D. (2008). *Cómo lidiar con el riesgo financiero*. Lima: Empresa Editora el Comercio S.A
- Támara, A., Chica, I., & Montiel, A. (2017). "Metodología de Cálculo del Beta: Beta de los Activos, Beta Apalancado y Beta Corregido por Cash". *Espacios*, 38(34).
- Vidaurre, O. (2016). "Identificación de modelos de aproximación de betas financieras en su medición del riesgo-retorno, aplicable al sistema financiero bancario de Bolivia". *Perspectivas*, (37), pp. 41-74.