



**Construcción de un modelo de riesgo país y medición de prima de riesgo para países
del mercado objetivo de Empresas Públicas de Medellín (EPM)**

Por

Carlos Adolfo Cardona Gómez¹

Camila Carolina Tatiana Betancourt Arango²

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Magíster en Administración Financiera

Asesor

Juan Felipe Cardona Llano

UNIVERSIDAD EAFIT

Medellín, marzo, 2022

¹ cacardonag@eafit.edu.co

² cbetan11@eafit.edu.co

© 2022 por Carlos Cardona y Camila Betancourt
Todos los Derechos Reservados

Agradecimientos

Al profesor Juan Felipe Cardona Llano por aceptar desarrollar este trabajo de tesis de maestría bajo su dirección. Su apoyo y confianza fueron los elementos esenciales para el logro de este objetivo.

A mi familia por su apoyo incondicional y a Empresas Públicas de Medellín por la confianza y soporte brindados en este proceso. Camila Betancourt Arango.

A mi familia por ser el soporte en este proceso y a la empresa Sistemas Inteligentes en Red S. A. S. por la confianza y el apoyo brindados. Carlos Cardona Gómez.

Resumen

El propósito de este trabajo de grado es construir un modelo de riesgo país que involucre variables económicas, sociales y políticas, y permita estimar una prima de riesgo para Chile, Colombia y México, países del mercado objetivo del Grupo EPM, a fin de ser utilizada como un insumo para la toma de decisiones de inversión y el ajuste del costo de capital de sus negocios y proyectos. Para ello se seleccionaron diversas variables que se evaluaron a través de modelos analíticos de regresión múltiple para estimar una variable dependiente. A partir de la estimación del modelo más ajustado, según la validación de supuestos estadísticos, se realizó una comparación de los resultados de los países evaluados frente a Estados Unidos, considerado teóricamente como el país libre de riesgo, y de este modo se determinó la prima de riesgo país por incorporar en la tasa de descuento.

Palabras claves: riesgo país, prima de riesgo país, modelo de riesgos, índice de riesgo, tasa de descuento, modelo de regresión múltiple.

Abstract

The purpose of this degree work is to build a country risk model that involves economic, social and political variables, and allows estimating a risk premium for Chile, Colombia and Mexico, countries of EPM Group's target market, in order to be used as an input for making investment decisions and adjusting the cost of capital of its businesses and projects. To this end, several variables were selected and evaluated through multiple regression analytical models to estimate a dependent variable. From the estimation of the most adjusted model, according to the validation of statistical assumptions, a comparison was made of the results of the countries evaluated against the United States, theoretically considered as the risk-free country, and in this way the premium was calculated and included in the discount rate.

Keywords: Country risk, country risk premium, risk model, risk ratings, discount rate, multiple regression models.

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	3
2.1 El concepto de <i>riesgo país</i> y la diversificación	3
2.2 Definiciones de riesgo país	4
2.3 Entidades que miden el riesgo país.....	5
2.3.1 Calificadoras de riesgo soberano	5
2.3.2 Proveedores de servicios de medición de riesgo país	6
2.4 Modelos de riesgo país	6
2.5 <i>Ratings</i> de riesgo país	8
2.5.1 Definición de los <i>ratings</i> de riesgo país.....	8
2.5.2 Limitaciones de los <i>ratings</i> de riesgo país	8
2.6 Prima de riesgo país.....	8
3. Metodología.....	10
3.1 Muestra de datos del estudio.....	10
3.2 Datos utilizados.....	10
3.2.1 Variables macroeconómicas de los países	10
3.2.2 Índice político.....	11
3.2.3 Índice de riesgo social e indicadores sociales	13
3.2.4 <i>Rating</i> de riesgo país de Bloomberg	13
3.3 Modelo de riesgo país	14
3.3.1 Forma del modelo	14
3.3.2 Etapas del modelo	15
4. Resultados.....	18
4.1 Construcción de la base de datos	18
4.1.1 Descripción de las variables Modelo 1	18
4.1.2 Descripción de las variables del Modelo 2	18
4.2 Resultados estadísticos para el Modelo 1	19
4.2.1 Validación de supuestos para el Modelo 1.....	20
4.3 Resultados estadísticos para el Modelo 2	23
4.3.1 Validación de supuestos para el Modelo 2.....	24

4.4 Resultados de estimación de riesgo país y primas de riesgo país	27
4.4.1 Riesgo país estimado.....	27
4.4.2 Primas de riesgo país.....	27
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	28
6. Referencias	33

Índice de tablas

Figura 1. Gráfico de residuales del Modelo 1	21
Figura 2. Gráfico de residuales del Modelo 2	25
Figura 3. Riesgo país estimado.....	27
Figura 4. Primas de riesgo país.....	27

Índice de figuras

Tabla 1. Variables macroeconómicas analizadas	11
Tabla 2. Componentes del riesgo político	12
Tabla 3. Terminal Bloomberg. <i>Tickers</i> de riesgo país.....	13
Tabla 4. Residuales del Modelo 1	19
Tabla 5. Coeficientes del Modelo 1	19
Tabla 6. Resumen del Modelo 1	19
Tabla 7. Matriz de correlación.....	20
Tabla 8. Prueba VIF del Modelo 1	21
Tabla 9. Coeficientes de errores robustos del Modelo 1	22
Tabla 10. Validación global de los supuestos del Modelo 1	23
Tabla 11. Residuales del Modelo 2	23
Tabla 12. Coeficientes del Modelo 2.....	23
Tabla 13. Resumen del Modelo 2.....	24
Tabla 14. Prueba VIF del Modelo 2	24
Tabla 15. Coeficientes robustos del Modelo 2	26
Tabla 16. Validación global de los supuestos del Modelo 2	26

Glosario de siglas

AIC: Akaike information criterion / criterio de información de Hirotugu Akaike.

ANOVA: análisis de la varianza.

BERI: Business Environment Risk Intelligence.

BMI: Business Monitor International.

CAB: current account balance / saldo en cuenta corriente.

CAPM: capital asset pricing model / modelo de valoración de activos financieros.

DF: degrees of freedom / grados de libertad.

DOD: deuda externa acumulada.

ECST: función World Economic Statistics de la Terminal Bloomberg.

EMBI: Emerging Market Bond Index / Índice de bonos de mercados emergentes.

GDP: gross domestic product / producto interno bruto.

GNI: gross national income / ingreso nacional bruto.

ICRG: The International Country Risk Guide.

IDH: Índice de Desarrollo Humano.

IM: importación de bienes y servicios.

INB: ingreso nacional bruto.

IP: Índice político.

Ke: capital equity / retorno requerido.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

PIB: producto interno bruto.

REER: real effective exchange rate / Índice de la tasa de cambio real efectiva.

RPB: remaining principal balance / saldo principal restante.

UMN: unidad monetaria nacional.

VIF: variance inflation factor / factor de inflación de la varianza.

1. Introducción

Situaciones como el incumplimiento de pago de la deuda externa, el alto déficit fiscal, las contracciones o el bajo crecimiento del producto interno bruto, la fuga de capitales, la baja inversión extranjera, las protestas sociales, la pobreza y la inestabilidad política, entre otras, son señales que le pueden indicar a un inversionista que correría un riesgo adicional derivado de la situación propia del país donde desea invertir. Dicho riesgo puede ser compensado a través de la exigencia de una mayor rentabilidad con el uso de una prima de riesgo país.

Según el estado del arte, en la práctica, los analistas financieros acuden a diferentes métodos para estimar un nivel de riesgo país. Entre los más comunes se destacan las calificaciones de riesgo soberano emitidas por agencias internacionales, el Emerging Market Bond Index (EMBI) –diseñado por JP Morgan– y los *ratings* emitidos por diferentes instituciones.

Como otra alternativa, los analistas acuden a desarrollar modelos propios de riesgo país normalmente del tipo *scoring*, donde utilizan múltiples variables que se normalizan en una escala única y a las cuales se asignan ponderaciones. En estos casos, el riesgo se estima como un promedio ponderado.

Todos estos métodos pueden tener algunas limitaciones. Según Hammer *et al.* (2011), en el caso de las calificadoras de riesgos se cuestiona su idoneidad e independencia con base en la historia de las crisis financieras recientes. Para los *ratings*, los autores afirmaron que estos suelen ser “cajas negras” y es difícil conocer su composición, además de que son mediciones anuales y pueden no involucrar efectos coyunturales. (2011)

En el caso del EMBI o de las medidas asociadas a la desviación estándar de los mercados, estas suelen ser usadas en países con mercados financieros desarrollados, pero pueden ser inadecuadas para mercados financieros poco profundos, como es caso de los países latinoamericanos.

Frente a los modelos propios de *scoring*, la preocupación se centra en que las variables se seleccionan por el criterio de expertos y que estos modelos suelen no contar con fundamentos estadísticos. En el caso del Grupo EPM, actualmente se tiene implementado un modelo propio de *scoring* para estimar el riesgo país, que involucra variables como el EMBI y la calificación de riesgo soberano. Este modelo permite medir

el nivel de riesgo país y se aplica en los países donde el Grupo EPM tiene presencia; sin embargo, no arroja una prima de riesgo país que permita ajustar el costo de capital para descontar este riesgo en los modelos financieros de sus proyectos de inversión.

Por tanto, en este trabajo se propone construir un método para la medición de riesgo país que involucre variables económicas, sociales y políticas a través de un modelo analítico de regresión lineal múltiple aplicado para Colombia, Chile y México –países donde el Grupo EPM tiene presencia–, con el objetivo de estimar una prima de riesgo país que pueda ser utilizada para ajustar el costo de capital de los negocios y proyectos del grupo y sirva como insumo en la toma de decisiones.

Esta situación de estudio se abordó en varias etapas. Inicialmente, para la selección de las variables dependientes e independientes por incluir en el análisis, se realizó la construcción de varios modelos de regresión múltiple con el objetivo de determinar las variables independientes que pudieran explicar mejor la variable dependiente a través de la aplicación de pruebas de contraste de especificación. Seguidamente se seleccionaron dos modelos y se realizaron las pruebas de validación de supuestos estadísticos para la regresión lineal múltiple. A continuación se seleccionó un modelo base con el cual se estimó el riesgo de los países mencionados y se calculó una prima de riesgo país mediante la comparación de cada resultado específico frente al valor obtenido para Estados Unidos, considerado teóricamente para efectos de este trabajo como un país “libre de riesgo”. Cabe anotar que el presente trabajo no abarca el estudio de relaciones no lineales entre las variables, para lo cual se debe utilizar otro tipo de modelos como los de dinámica de sistemas.

El documento a continuación contiene las siguientes secciones: el marco teórico, que abarca el concepto de riesgo país y su relación con la diversificación, detalla las entidades que miden el riesgo país y la explicación de los modelos, los *ratings* y la prima de riesgo país frente al cálculo de las tasas de descuento. La metodología, que incluye la muestra del estudio, los datos utilizados, las variables del modelo y las etapas en su construcción. Los resultados, que detallan las pruebas aplicadas a los dos modelos seleccionados y se realiza la estimación del *rating* de riesgo país y el cálculo de la prima de riesgo. Las conclusiones y recomendaciones, donde se analizan los resultados de los dos modelos según las pruebas aplicadas y se hace un comparativo de los resultados del riesgo país frente a la situación económica, política y social de los países seleccionados. Y, finalmente, las referencias bibliográficas.

2. Marco teórico

2.1 El concepto de *riesgo país* y la diversificación

Al invertir en diferentes países, compañías e inversionistas enfrentan la incertidumbre asociada a los riesgos que se puedan materializar en esos territorios. Según Damodaran (2003), por estar expuestos a ese riesgo adicional, podrían percibir mayores retornos.

En el caso de las empresas que no centran sus operaciones en el mercado financiero, la exposición al riesgo país proviene de la naturaleza de estas y del sector geográfico donde se desarrollan, haciendo que este tipo de riesgo sea uno de los elementos tenidos en cuenta a la hora de valorar un nuevo negocio o considerar las posibilidades de expansión de su negocio actual.

Al momento de invertir en mercados emergentes como Latinoamérica o Asia, Damodaran (2003) planteó dos preguntas claves: la primera, ¿debería existir una prima de riesgo adicional cuando se evalúan activos en estos mercados, debido al riesgo país? Normalmente cuando se calcula el costo de capital con la metodología CAPM se estima el riesgo de mercado y se trabaja bajo el supuesto de que este no es diversificable. Por tanto, la segunda pregunta es ¿el riesgo país es diversificable o no diversificable? (2003)

Al revisar el caso del Grupo EPM analizándolo como un inversionista marginal que tiene inversiones no solo en Colombia sino en varios países de Latinoamérica, enfocadas en los mismos sectores, podría decirse que estaría totalmente diversificado si existiera una baja correlación entre los territorios donde tiene presencia y los sectores donde opera. Sin embargo, según Damodaran (2003), si los retornos entre los países están correlacionados y el inversionista no está globalmente diversificado, el riesgo país que enfrenta no es diversificable y, por tanto, existe un riesgo adicional que requiere una compensación suplementaria.

Girard (2018) afirmó que la evidencia empírica sugiere fuertemente que el riesgo país es real y no diversificable, y resaltó que diferentes estudios han reportado que las compañías que invierten en mercados emergentes tienen mayores retornos y más volatilidad que aquellas que invierten en mercados desarrollados.

2.2 Definiciones de riesgo país

Según Vij (2005), el *riesgo país* es el riesgo económico, social y político dado por eventos que se presentan en un país extranjero y que pueden afectar los intereses de una institución. Por su parte, Gamarra Gómez (2015) afirmó que es factible inferir que el riesgo país está relacionado con un riesgo para aquellos negocios que involucran una entidad nacional y otra internacional.

Díaz Tagle *et al.* (2008) argumentaron que las mediciones del riesgo país buscan estimar la incapacidad de cumplimiento de los deudores extranjeros frente a sus obligaciones financieras por motivos políticos o económicos.

Guachamín *et al.* (2020) plantearon un acercamiento al riesgo país indicando que en los países de tipo macroeconómico existen vulnerabilidades específicas de solvencia, liquidez, mercado y sociales, y que ellas son factores por considerar en un modelo que pueda dar alarmas tempranas.

El concepto de *riesgo* es del tipo multi-componente, y “agrupa diferentes facetas, teniendo en cuenta que el desarrollo económico y los riesgos que se derivan de estos factores tienen diversos orígenes” (Kosmidou *et al.*, 2008). Aunque su definición ha sido tratada por diversos autores desde el punto de vista exclusivamente económico, se ha enfatizado en varias investigaciones que el riesgo país tiene un carácter multidimensional y abarca factores sociopolíticos. En trabajos más detallados se encontró que el riesgo país se clasifica en factores macro, que incluyen elementos sociopolíticos como guerras, controles de precios o aumentos en tasas impositivas; y en factores micro, que involucran una industria o un proyecto específico, como las licencias para las exportaciones e importaciones.

Carpenter y Vellat (2009) afirmaron que pueden existir riesgos adicionales asociados con la entrada a un nuevo país donde el Gobierno regule fuertemente la economía interna y la inversión industrial. También mencionaron que hay factores claves que los inversionistas deben analizar para invertir en un determinado país, incluyendo el panorama general de su política actual, los mecanismos de control del Gobierno central sobre los sectores públicos y privados, el gobierno corporativo, la transparencia, los vínculos del Gobierno central con los bancos centrales, el sistema legal y judicial, y el acceso al crédito, entre otros.

Según Díaz Tagle *et al.* (2008), el riesgo país incluye cuatro tipos de riesgos: 1) el político, que incorpora los riesgos de confiscación, expropiaciones, nacionalizaciones,

guerras y, en general, factores sociopolíticos que causan inestabilidad en un país; 2) el riesgo soberano, que establece la posibilidad de que un Estado incumpla el pago de sus deudas de manera transitoria o total; 3) el riesgo de transferencia, que hace referencia a las restricciones gubernamentales que puedan tener los deudores para realizar los pagos de sus deudas así tengan liquidez; y 4) los riesgos macroeconómicos, que aluden a los riesgos para el cumplimiento de las obligaciones por factores macro económicos propios de cada país.

2.3 Entidades que miden el riesgo país

La medición, cuantificación o calificación del riesgo país es utilizada por diversos actores dentro de la economía para establecer medidas y primas de rentabilidad. Según Kosmidou *et al.* (2008), las primeras instituciones que realizaron intentos para establecer sistemas de análisis de riesgo país fueron los bancos, y dentro de estos acercamientos iniciales se realizaban listas de chequeo principalmente de variables económicas. No obstante, por su marco metodológico y la ponderación de las variables, estas aproximaciones resultaron insuficientes. A partir de la necesidad de establecer medidas de riesgo país, varias entidades han establecido metodologías que incorporan diferentes tipos de análisis que varían según sus necesidades y capacidades puntuales.

2.3.1 Calificadoras de riesgo soberano

Las principales calificadoras de riesgo soberano son las siguientes: Standard & Poor's, Moody's y Fitch. Estas agencias determinan y agrupan varios factores que afectan la capacidad soberana de un país para el pago oportuno de sus deudas. Para realizar estas mediciones utilizan variables como la estructura económica, las proyecciones de crecimiento, el desempeño monetario y fiscal, la efectividad institucional y su posición de liquidez e inversión. (Ramady, 2014)

Aunque sus metodologías tengan elementos comunes, las calificaciones determinadas por tales entidades reflejan una visión propia a través de la ponderación de diferentes factores; aun así, en algunas ocasiones las calificaciones pueden dar señales contradictorias y tener algunas limitaciones que se abordarán posteriormente en este documento.

2.3.2 Proveedores de servicios de medición de riesgo país

En esta categoría se agrupan las entidades que bajo metodologías propias prestan los servicios de medición y calificación de riesgo país ponderando diferentes tipos de variables que abarcan factores económicos, financieros y políticos. En algunos casos, estas mediciones se realizan para todos los países; sin embargo, algunas de las entidades enfatizan regiones específicas y cobran por sus datos y análisis. Las más destacadas son las siguientes:

- BERI (Business Environment Risk Intelligence)
- Oxford Analytica
- Institutional Investor
- Euromoney Country Risk
- Bloomberg
- Business Monitor International (BMI)
- The International Country Risk Guide (ICRG)

2.4 Modelos de riesgo país

El riesgo país puede ser modelado; no obstante, según Bouchet y Goguel (2019), para ello se requiere definir una interacción compleja entre la situación específica del país donde se va a invertir –sus aspectos financieros y sociopolíticos– con el marco de la globalización, donde se pueden incluir variables como tipos de cambio y de interés, flujos de capital y del mercado financiero, inversión extranjera directa, precios de los *commodities*, agencias calificadoras e instituciones multilaterales.

El propósito principal de un modelo de riesgo país es ayudar a anticipar riesgos y servir como indicador de alerta temprana para que un inversionista pueda disminuir su nivel de incertidumbre cuando está analizando sus negocios existentes o considerando realizar nuevas inversiones. También puede asistir a los directivos de las compañías para tomar acciones y prevenir que se materialicen eventos negativos con consecuencias costosas.

En la revisión de estado del arte se encontró que normalmente la estimación del riesgo país se realiza a través de técnicas econométricas. Estos modelos intentan describir los mercados y la situación política y económica de los países para detectar cambios

bruscos de volatilidad, y están basados en una serie de datos que pueden incluir variables como balanza de pagos, deuda, inflación, presupuesto y gobernanza, para transformar eventos futuros inciertos en escenarios calculables y acreditables. “En cualquier caso, el producto de estos modelos será tan bueno o tan deficiente como la información que alimenta la regresión econométrica, cualquiera que sea su sofisticación” (Bouchet & Goguel, 2019). La problemática planteada por estos autores, más que la estructuración del modelo, es la selección de las variables por incluir, es decir, en un modelo estructurado bajo los mínimos cuadrados ordinarios hay que dar especial cuidado a la selección de las variables independientes que puedan explicar la variable dependiente.

Normalmente, las variables que se incluyen en este tipo de modelo son cuantitativas –económicas y financieras–; con todo, es importante elegir las variables macroeconómicas por analizar teniendo en cuenta las características de los países donde se centrará el análisis (Bouchet & Goguel, 2019). Además de estas variables, y con el objetivo de atender las definiciones de riesgo país citadas anteriormente, es importante incluir también la variable social: “Los países suramericanos tienen múltiples disparidades sociales asociadas a pobreza, educación y salud pública; por eso es necesario establecer un indicador que mida estas variables sociales”. (Guachamín *et al.*, 2020)

Del mismo modo, la variable política es un componente del riesgo país. El riesgo político estudia áreas como el riesgo de transferencia de capitales y el del no pago de la deuda soberana, la interferencia política, las interrupciones en la cadena de suministro, las dificultades legales y regulatorias, y la violencia política (Pertwi *et al.*, 2019). Según Ramady (2014), el *riesgo político* es aquel generado por los cambios en los Gobiernos de un país, las políticas y el ambiente regulatorio. En algunos casos puede ocurrir que los factores del riesgo político estén por fuera del control de los Gobiernos –la guerra o el terrorismo, por ejemplo–, y en ocasiones son los mismos Gobiernos los que toman decisiones que afectan a los inversionistas. De esta forma, el papel de la gobernanza cobra especial relevancia en el riesgo que se asume al invertir en un país, y es posible analizarla desde seis dimensiones: reportes y rendición de cuentas, estabilidad política y ausencia de violencia, efectividad del Gobierno, calidad regulatoria, imperio de la ley y control de la corrupción. (Kaufmann *et al.*, 2010)

2.5 *Ratings* de riesgo país

2.5.1 Definición de los *ratings* de riesgo país

Los *ratings*, una de las herramientas más utilizadas para determinar el riesgo país, buscan a través del análisis, la medición y la ponderación de diferentes variables y la estimación de un parámetro de clasificación cualitativo o cuantitativo que permita calificar y comparar el riesgo país. Según Hammer *et al.* (2011), los *ratings* procuran simplificar una gran cantidad de información de un país en un parámetro que sea fácil de entender y que permita hacer comparaciones de inversión entre diferentes países; adicionalmente, tienen varios efectos en los países y las empresas, lo que se refleja en las tasas de interés que estos pueden obtener en los mercados financieros internacionales y el interés exigido por parte de la inversión extranjera.

2.5.2 Limitaciones de los *ratings* de riesgo país

Hammer *et al.* (2011) plantearon que la compresibilidad es una de las principales limitaciones de los *ratings*, debido a que generalmente no se especifican los factores utilizados para determinarlos, convirtiéndose en una “caja negra”. Otra de las falencias expuestas por estos autores corresponde a los sesgos regionales que derivan a que se les dé una mejor calificación a los países ubicados en determinadas regiones o que se pueden dar conflictos de interés por la presión que ejerzan los agentes sobre las agencias calificadoras. Adicionalmente, los *ratings* pueden causar sobre-reacciones e impactos negativos sobre un país al precipitar las crisis, debido a las bajas en los anuncios de disminución de su calificación.

A la postre, los *ratings* han sido criticados por su pobre capacidad para estimar y proyectar en el mediano plazo las vulnerabilidades financieras, políticas y económicas que se desarrollan en períodos de crisis. (San-Martín-Albizuri & Rodríguez-Castellanos, 2012; Hammer *et al.*, 2011; Bouchet & Goguel, 2019)

2.6 Prima de riesgo país

Las compañías e inversionistas globalizados y los mercados financieros en expansión presuponen que en diferentes países existan disímiles niveles de exposición al riesgo, y, por tanto, esperan un mayor retorno por la exposición adicional. Así, el ajuste para

incorporar el riesgo país en los análisis financieros se puede dar por dos caminos: los ajustes de los flujos de caja y el ajuste de la tasa de descuento (Damodaran, 2003). En el segundo, según el tipo de inversión y el riesgo que represente, el inversionista debe definir cuál es el retorno exigible a una inversión determinada, lo que normalmente se conoce como el *Ke* (*capital equity*, costo de capital o retorno requerido), que generalmente se estima a través del modelo CAPM, una metodología que busca reflejar la relación riesgo/retorno para las acciones y los portafolios. El riesgo relevante que esta busca cuantificar es el sistemático o no diversificable, teniendo en cuenta que el riesgo no sistemático se puede mitigar a partir de la diversificación de los portafolios. Ahora bien, este modelo tiene cuestionamientos cuando se aplica en países emergentes: “La teoría fundamental alrededor del CAPM es comúnmente aceptada, pero presenta debilidades en su aplicación práctica que son reconocidas: la tasa de retorno requerida es más difícil de calcular en mercados emergentes” (Naumoski, 2012). Por lo anterior, en la práctica se han desarrollado varios métodos para poder usar este modelo en países emergentes; uno de ellos es sumar el EMBI al *Ke*, y otro, calcular primas de riesgo diferenciales que reflejen el riesgo no diversificable que se asume al invertir en un país determinado. Este ejercicio se conoce como *prima de riesgo país*.

3. Metodología

3.1 Muestra de datos del estudio

Los datos utilizados en este estudio son macroeconómicos: índice político, índice social, variables sociales y *ratings* de riesgo país para Colombia, Chile, México y Estados Unidos, en el período 2009-2020. Se seleccionaron estos países, dado que hacen parte del mercado objetivo del Grupo EPM, pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y sus datos cuentan con un buen margen de confiabilidad. (OCDE, s. f.)

3.2 Datos utilizados

3.2.1 Variables macroeconómicas de los países

Fuentes de datos exploradas

A fin de recolectar las variables macroeconómicas que pudieran dar cuenta del componente económico asociado al riesgo país, se consultaron diferentes fuentes de información y se encontraron diversas limitaciones asociadas a los datos, que se exponen a continuación.

- a) Terminal Bloomberg (función World Economic Statistics, ECST) y los bancos de datos del Fondo Monetario Internacional y la OCDE: estas fuentes consolidan variables de muchos países; sin embargo, se encontraron problemas como falta de completitud y homogeneidad, variables reportadas en diferentes monedas, errores en la transformación automática de los datos, inconsistencias con unidades y problemas de integridad de datos, lo cual dificultó la comparación entre países.
- b) Banco de datos del Banco Mundial: contiene múltiples variables, datos macroeconómicos en dólares y reporta información para todos los períodos. Por su facilidad para hacer comparaciones entre los países, se seleccionó como fuente de información.

Variables macroeconómicas analizadas

Estas variables fueron seleccionadas a partir de la revisión bibliográfica y la información disponible en el Banco Mundial.

La Tabla 1 muestra las variables macroeconómicas analizadas.

Tabla 1. Variables macroeconómicas analizadas

Inversión extranjera directa, entradas netas (balanza de pagos, USD a precios actuales)	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)
Inversión extranjera directa, entradas netas (% del PIB)	Importaciones de bienes y servicios (% de crecimiento anual)
Reservas totales (% de la deuda externa total)	Importaciones de bienes y servicios (USD a precios actuales)
Reservas totales (incluye oro, USD a precios actuales)	Reservas totales en meses de importaciones
Deuda del Gobierno central, total (% del PIB)	Reservas totales menos oro (USD actuales)
Deuda del Gobierno central, total (unidades de moneda nacional, UMN, a precios actuales)	Formación bruta de capital (% del PIB)
Valor actual de la deuda externa (USD a precios actuales)	Formación bruta de capital (% de crecimiento anual)
Deuda externa acumulada, total (DOD, USD a precios actuales)	Formación bruta de capital (USD a precios actuales)
Valor actual de la deuda externa (% de las exportaciones de bienes, servicios e ingresos primarios)	Crecimiento del PIB (% anual)
Deuda a corto plazo (% de las exportaciones de bienes, servicios e ingresos primarios)	Crecimiento del ingreso nacional bruto, INB, per cápita (% anual)
Deuda a corto plazo (% de la deuda externa total)	INB (USD a precios actuales)
Deuda a corto plazo (% del total de reservas)	Crecimiento del INB (% anual)
Inflación, precios al consumidor (% anual)	PIB (USD a precios actuales)
Tipo de cambio oficial (UMN por USD, promedio del período)	PIB per cápita (USD actuales)
Índice del tipo de cambio efectivo real (2010 = 100)	Crecimiento del PIB per cápita (% anual)
Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	INB per cápita, método Atlas (US\$ actuales)
Exportaciones de bienes y servicios (% de crecimiento anual)	INB per cápita (UMN actual)
Exportaciones de bienes y servicios (BdP, USD a precios actuales)	Reservas/importaciones
Saldo en cuenta corriente (% del PIB)	Deuda del Gobierno central (porcentaje del PIB)
Saldo en cuenta corriente (balanza de pagos, USD a precios actuales)	Reservas/PIB
Importaciones de bienes y servicios (balanza de pagos, USD a precios actuales)	

Fuente: elaboración de los autores.

3.2.2 Índice político

Para la variable que da cuenta del componente político de riesgo país se realizó una revisión de múltiples fuentes, incluyendo la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Foro Económico Mundial, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe

(CEPAL), Transparencia Internacional, International Labour Organization (ILO) y PRS Group. De ellas se seleccionó la publicación *The International Country Risk Guide* de PRS Group (s. f.), dado que con estos datos se puede representar el riesgo político como un fenómeno multi-componente. Dicha guía presenta un estudio político que consta de 12 componentes, su cobertura es mundial por país y desde 1984 ha sido estimada con una frecuencia mensual. Para este trabajo se utilizaron los datos de los informes de diciembre de cada año.

La Tabla 2 muestra los componentes y variables analizadas.

Tabla 2. Componentes del riesgo político

COMPONENTE	VARIABLE
Reportes y rendición de cuentas	Presencia militar en política
	Rendición de cuentas democrática
Estabilidad política y ausencia de violencia	Estabilidad del Gobierno
	Conflicto interno
	Conflicto externo
	Tensiones étnicas
Efectividad del Gobierno	Calidad burocrática
Calidad regulatoria	Perfil de inversión
Reglas de ley	La ley y el orden
Control de la corrupción	Corrupción

Fuente: elaboración de los autores a partir de PRS Group (s. f.).

Dado que la *Guía* presenta los resultados de las variables de forma independiente, como propuesta para este trabajo se realizó una composición de un índice donde el supuesto principal es que todos los componentes del riesgo político tienen igual importancia y se aplica un promedio simple para obtener un índice político anual.

$$IPañoj = \frac{\sum_{i=1}^6 VA+PV+GE+RQ+RL+CC}{6} \quad (1)$$

Donde

IPañoj: índice político del año *j*, *j* = 2009... 2020

VA: reportes y rendición de cuentas

PV: estabilidad política y ausencia de violencia

GE: efectividad del Gobierno

RQ: calidad regulatoria

RL: reglas de ley

CC: control de la corrupción

3.2.3 Índice de riesgo social e indicadores sociales

Para evaluar el componente de riesgo social dentro del riesgo país se seleccionó el Índice de Desarrollo Humano (IDH), compuesto por tres dimensiones: la esperanza de vida al nacer, los años de escolaridad promedio y los años de escolaridad esperados, y la renta nacional per cápita. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, 2018)

Como otra opción para medir el riesgo social, se analizaron de manera independiente dos variables extraídas de la base datos del Banco Mundial: el desempleo total –el porcentaje de la población activa total como estimación del modelado de la Organización Internacional del Trabajo, OIT– y la tasa de mortalidad –para menores de cinco años por cada mil habitantes–.

3.2.4 *Rating* de riesgo país de Bloomberg

Los datos expuestos hasta ahora conforman las variables independientes que se probaron en este trabajo; para la variable dependiente se seleccionó el *rating* de riesgo país que emite la Terminal Bloomberg. Esta entidad desarrolla modelos propios, dentro de los cuales está el Country Risk Model, que estima el riesgo país teniendo en cuenta elementos de competitividad del mercado financiero, el riesgo político y el riesgo económico. Normalmente, los países son calificados en una escala de 0 a 100 –de mayor riesgo a menor riesgo–.

La Tabla 3 muestra los *tickers*³ donde se encuentran los datos para cada uno de los países en estudio.

Tabla 3. Terminal Bloomberg. *Tickers* de riesgo país

DESCRIPTION	TICKER
North America – U.S.	RSSCUSOR Index
North America – Mexico	RSSCMXOR Index
Latin America & Caribbean - Chile	RSSCCHOR Index
Latin America & Caribbean - Colombia	RSSCCOOR Index

Fuente: elaboración de los autores.

³ Pantalla que muestra datos de información cambiante –noticias, precio de las acciones, etc.–.

3.3 Modelo de riesgo país

3.3.1 Forma del modelo

Para este propósito se tomó un modelo analítico de regresión múltiple que permite incorporar diversas variables independientes para estimar una variable dependiente. El modelo adopta la siguiente forma general:

$$Y = a_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + \hat{\epsilon} \quad (2)$$

Donde

X_n : variable independiente n

b_n : parámetros desconocidos

$\hat{\epsilon}$: error; variables aleatorias independientes que están normalmente distribuidas con media cero y varianza constante

La hipótesis principal de este trabajo es que varias variables pueden explicar el comportamiento de un *rating* de país. Este tipo de modelo está soportado en una serie de supuestos que deben probarse para realizar una inferencia estadística correcta sobre los resultados:

- 1) La relación entre la variable dependiente Y y las variables independientes X_1, X_2, \dots, X_k es lineal.
- 2) Las variables independientes X_1, X_2, \dots, X_k no son aleatorias; además, no existe una relación lineal entre dos o más de las variables independientes.
- 3) El valor esperado del término de error, condicionado a las variables independientes, es 0: $E(\epsilon | X_1, X_2, \dots, X_k) = 0$.
- 4) La varianza del término de error es la misma para todas las observaciones:
 $E(\epsilon_i^2) = \sigma^2$.
- 5) El término de error no está correlacionado entre las observaciones:
 $E(\epsilon_i \epsilon_j) = 0, j \neq i$.
- 6) El término de error se distribuye normalmente. (Das *et al.*, 2018)

Burton y Inou (citados en Vij, 2005) expresaron el riesgo país como

$$CRit = f(ECi, POi) \quad (3)$$

Donde

CR_i : riesgo país del país i

EC_i : riesgo económico del país i

PO_i : riesgo político del país i

Para introducir un nuevo componente en esta definición se agrega el riesgo social (SO_i).

Por tanto, el riesgo país se “re-expresa” como

$$CR_{it} = f(EC_i, PO_i, SO_i) \quad (4)$$

3.3.2 Etapas del modelo

Se estimó un modelo general aplicable a los países seleccionados y se analizó la posible existencia de relaciones lineales entre la variable dependiente y las variables independientes a partir de los siguientes pasos:

- 1) Construcción de la base de datos: con las variables descritas en el numeral 3.2.
- 2) Aplicación de contrastes de especificación: para tal fin fueron incluidas variables no significativas. Se corrió el modelo con todas las variables macroeconómicas, políticas y sociales, y se realizaron contrastes de hipótesis para eliminar las variables dependientes estadísticamente no significativas, así:

$$H_0 = b_1 \dots \dots b_n = 0$$

$$H_a = b_1 \dots \dots b_n \neq 0$$

La hipótesis nula H_0 indica que las variables dependientes b_1 hasta b_n son iguales a cero, y, por tanto, no significativas. La hipótesis alternativa H_a indica que las variables son diferentes de cero, y, por tanto, significativas.

Para probar estas hipótesis se utilizó el p -valor (p -value), que se calcula para cada uno de los coeficientes de la regresión. Si el p -valor es menor que el nivel de significancia elegido (α), se puede rechazar la hipótesis nula de que el valor poblacional del coeficiente es cero en una prueba de dos colas. Cabe anotar que, como resultado de este ejercicio, se pueden obtener uno o varios modelos que presenten coeficientes significativos; por consiguiente, se utilizó el R^2 ajustado (R -cuadrado) como medida comparativa.

- 1) Pruebas de supuestos en la regresión: la inferencia estadística descansa en el cumplimiento de supuestos; por ende, para probar la confiabilidad del modelo se aplicaron pruebas estadísticas:
 - a) Criterio de información de Hirotugu Akaike, AIC: es una medida de la calidad relativa estadística que se utilizó como un medio de comparación entre los modelos encontrados.
 - b) Pruebas para los errores de especificación: para la sobre-especificación se aplicaron los contrastes de hipótesis, y para la sub-especificación, el test de Ramsey.
 - c) Pruebas de multi-colinealidad: para testear este problema se realizó la matriz de correlación entre las variables y se estimó el VIF, que mide hasta qué punto la varianza de un coeficiente de regresión estimado se incrementa a causa de la colinealidad.
 - d) Pruebas de normalidad de los residuales: se aplicó el estadístico de contraste Jarque-Bera y se graficaron los errores residuales.
 - e) Pruebas de homocedasticidad y heterocedasticidad: la segunda implica que la varianza de los errores difiere entre las observaciones. Para probar su existencia en la forma condicional se aplicó el test de Breusch-Pagan.
 - f) Corrección de la heterocedasticidad: se utilizó el método de computación de errores estándar robustos para corregir los errores estándar de los coeficientes estimados y mejorar la heteroscedasticidad condicional.
 - g) Pruebas de auto-correlación: se aplicó el test de Durbin-Watson para probar la correlación serial entre los errores.

- 2) Con base en los resultados de las pruebas estadísticas, se concluyó sobre los modelos encontrados y se seleccionó un modelo base.

- 3) Finalmente se estimaron el riesgo país y una prima de riesgo país, que se calculó como la diferencia entre el riesgo de Estados Unidos y los países en estudio. Esta diferencia fue estandarizada ajustando la tasa T-Bond *rate* (*treasury bond rate*), la tasa de los bonos del Gobierno de Estados Unidos a diez años, teóricamente usada como tasa libre de riesgo. Por consiguiente, la prima de riesgo para el país *i* se valoró así:

$$\text{PRP}_{ij} = \frac{\text{RPE}_{ij} * \text{TBR}_j}{\text{RPE}_{\text{EEUU},j}} \quad (5)$$

Donde

PRP_{ij} = prima de riesgo país del país i en el año j

RPE_{ij} = riesgo país estimado del país i en el año j

TBR_j = Treasury Bond *rate* de Estados Unidos en el año j

$\text{RPE}_{\text{EEUU}, j}$ = riesgo país estimado de Estados Unidos en el año j

4. Resultados

4.1 Construcción de la base de datos

Se probaron 16 variables económicas, sociales y políticas y *ratings* de riesgo país, y como resultado de los contrastes de especificación aplicados se encontraron dos modelos viables que de ahora en adelante se nombran Modelo 1 y Modelo 2.

4.1.1 Descripción de las variables del Modelo 1

Con los resultados de la tabla ANOVA y el *p*-valor se encontraron significativas las siguientes variables independientes para el Modelo 1:

- REER (2010 = 100): medida del valor de una moneda contra el promedio ponderado de varias monedas extranjeras, dividido por un deflactor de precios o índice de costos. (Banco Mundial, s. f.-a)
- CAB (% del GDP), saldo en cuenta corriente como porcentaje del PIB: suma de las exportaciones netas de bienes, servicios, ingresos netos y transferencias corrientes netas. (Banco Mundial, s. f.-b)
- IP: se utilizó la publicación *The International Country Risk Guide* de PRS Group y se construyó un único índice. (PRS Group, s. f.)
- IM (% PIB): valor de todos los bienes y otros servicios de mercado recibidos del resto del mundo; se excluyen la remuneración de los empleados, los ingresos por inversiones y los pagos de transferencia. (Banco Mundial, s. f.-c)

4.1.2 Descripción de las variables del Modelo 2

Para el Modelo 2 se encontraron como significativas las mismas variables del Modelo 1, adicionando la siguiente:

- GNI (%): incluye la suma del valor agregado por todos los productores residentes, más los impuestos sobre los productos (menos los subsidios) no incluidos en la valoración de la producción, más los ingresos netos del ingreso primario (la remuneración de los empleados y la renta de la propiedad) del exterior. (Banco Mundial, s. f.-d)

4.2 Resultados estadísticos para el Modelo 1

Software estadístico utilizado: RStudio

Nivel de significancia $\alpha = 5\%$

Ecuación del Modelo:

$$RPB = REER + CAB + IP + IM + \epsilon \quad (6)$$

La Tabla 4 muestra los residuales del Modelo 1.

Tabla 4. Residuales del Modelo 1⁴

MIN	1Q	MEDIAN	3Q	MAX
-300.798	-56.511	0.9586	71.573	188.534

Fuente: elaboración de los autores.

La Tabla 5 muestra los coeficientes del Modelo 1.

Tabla 5. Coeficientes del Modelo 1

	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	PR(> T)
(Intercept)	-286.085	184.119	-1.554	0.12756
datostesis\$REER	0.7926	0.1530	5.181	5.59e-06
datostesis\$CAB	22.738	0.9863	2.305	0.02603
datostesis\$IP (intelectual property)	0.4492	0.1274	3.526	0.00102
datostesis\$IM	-0.5374	0.2265	-2.373	0.02221

Fuente: elaboración de los autores.

La Tabla 6 muestra el resumen del Modelo 1.

Tabla 6. Resumen del Modelo 1

Error estándar de los residuales: 10.66 en 43 grados de libertad (DF)
Múltiple R-cuadrado: 0.7326, R-cuadrado ajustado: 0.7077
Estadístico F: 29.45 en 4 y 43 DF, p-valor: 8.092e-12
AIC1 = 370.1296

Fuente: elaboración de los autores.

Al comparar estos resultados con otros trabajos similares se encontró que el índice político y las importaciones resultaron ser variables significativas. En los trabajos de Vij (2005) y Celasun y Harms (2011), la variable Estabilidad de gobierno de *The*

⁴ Las cifras de esta y las tablas siguientes están expresadas con el punto decimal.

International Country Risk Guide, al igual que una medida de apertura compuesta por importaciones y exportaciones resultaron significativas.

4.2.1 Validación de supuestos para el Modelo 1

Errores de especificación

- Sobre-especificación: se probaron 16 variables, se aplicaron contrastes de hipótesis, se descartaron las variables con mayor p -valor y se corrieron 12 modelos de prueba.
- Sub-especificación: se aplicó el test de Ramsey bajo las siguientes hipótesis:

H₀: fórmula funcional correcta

H_a: fórmula funcional incorrecta

- RESET = 2.5381, DF 1 = 4, DF 2 = 39, p -valor = 0.05521
- p -valor = 5.521 % > 5 %; por tanto, no se rechaza la hipótesis nula

Pruebas de multi-colinealidad

- Se analizaron los resultados del R^2 ajustado cuando presentó valores altos mientras se realizaban contrastes de hipótesis en los modelos de prueba. En el caso del Modelo 1, el resultado final es 0.7077.
- Matriz de correlación: se realizó para las variables de los dos modelos.

La Tabla 7 muestra la matriz de correlación.

Tabla 7. Matriz de correlación

	REER	CAB	IP	IM	GNI	RPB
REER	1	0.07579674	0.4779486	-0.38564486	0.27958931	0.7465523
CAB	0.07579674	1	0.1062533	0.30738865	-0.44308866	0.2014126
IP	0.47794859	0.10625327	1	-0.37365721	-0.08063540	0.6692530
IM	-0.38564486	0.30738865	-0.3736572	1	0.02530665	-0.4769357
GNI	0.27958931	-0.44308866	-0.0806354	0.02530665	1	0.1164376
RPB	0.74655232	0.20141263	0.6692530	-0.47693569	0.11643756	1

Fuente: elaboración de los autores.

c) Prueba VIF

La Tabla 8 muestra la prueba VIF del Modelo 1.

Tabla 8. Prueba VIF del Modelo 1

REER	CAB	IP	IM
1.412.721	1.201.397	1.418.293	1.474.698

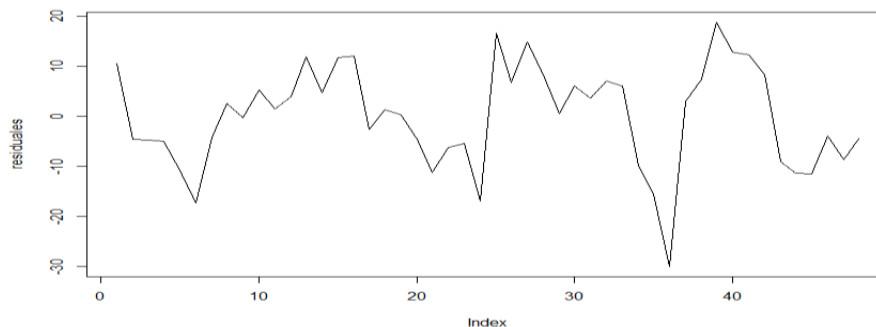
Fuente: elaboración de los autores.

Pruebas de normalidad de los residuales

a) Gráfico de normalidad de los residuales.

La Figura 1 muestra el gráfico de residuales del Modelo 1.

Figura 1. Gráfico de residuales del Modelo 1



Fuente: elaboración de los autores.

b) Se aplicó el estadístico de contraste Jarque-Bera, donde

$H_0: \widehat{\mu}$, los residuales se distribuyen normalmente

$H_a: \widehat{\mu}$, los residuales no se distribuyen normalmente

- Jarque-Bera = 1.6498, p -valor = 0.4383
- p -valor = 43.83 % > 5 %; por tanto, no se rechaza H_0

Prueba de homocedasticidad y heterocedasticidad

Se aplicó el test de Breush-Pagan, donde

H_0 : la varianza de los errores es homocedástica

H_a : la varianza de los errores es heterocedastica

- BP = 11.68, DF = 4, p -valor = 0.0199
- BP = 1.99 % < 5 %; por tanto, se rechaza H_0

Corrección de heterocedasticidad

Se aplicó el método de errores robustos y se corrió de nuevo la regresión.

- R -cuadrado: 0.7326; R -cuadrado ajustado: 0.7077
- Estadístico F : 56.67 en 4, $DF = 43$, p -valor: $< 2.2e-16$

La Tabla 9 muestra los coeficientes de errores robustos del Modelo 1.

Tabla 9. Coeficientes de errores robustos del Modelo 1

	ESTIMATE	STD. ERROR	T-VALUE	PR (> T)	CI LOWER	CI UPPER	DF
(Intercept)	-286.085	180.071	-1.589	1,19E+02	-649.232	77.062	43
datostesis\$REER	0.7926	0.1581	5.015	9,64E-03	0.4739	11.114	43
datostesis\$CAB	22.738	14.488	1.569	1,24E+02	-0.6479	51.955	43
datostesis\$IP	0.4492	0.1320	3.402	1,46E+00	0.1830	0.7155	43
datostesis\$IM	-0.5374	0.1970	-2.728	9,20E+00	-0.9348	-0.1401	43

Fuente: elaboración de los autores.

Prueba de auto-correlación del Modelo 1

Se aplicó el test de Durbin-Watson, donde

H_0 : no existe correlación serial entre los errores / no existe auto-correlación

H_a : existe correlación serial entre los errores / existe auto-correlación

- $DW = 0.99222$, p -valor = $8.744e-06$
- p -valor = $8.744e-06 < 5\%$: por tanto, se rechaza la hipótesis nula H

Prueba de auto-correlación para el Modelo robusto 1

Test de Durbin-Watson

- $DW = 0.99222$, p -valor = $8.744e-06$
- p -valor = $8.744e-06 < 5\%$: por tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 , y en consecuencia sí hay problemas de auto-correlación

Prueba de validación global de los supuestos de la regresión con el software RStudio

Complementario a las pruebas realizadas se aplicó una prueba de validación global de supuestos propia de Rstudio.

La Tabla 10 muestra la validación global de los supuestos del Modelo 1.

Tabla 10. Validación global de los supuestos del Modelo 1

	VALUE	P-VALUE	DECISION
Global stat.	669.057	0.15317	Assumptions acceptable.
Skewness	163.142	0.20151	Assumptions acceptable.
Kurtosis	0.01841	0.89208	Assumptions acceptable.
Link function	312.967	0.07688	Assumptions acceptable.
Heteroscedasticity	191.108	0.16684	Assumptions acceptable.

Fuente: elaboración de los autores.

4.3 Resultados estadísticos para el Modelo 2

Software estadístico utilizado: RStudio

Nivel de significancia $\alpha = 10\%$

Ecuación de modelo:

$$RPB = REER + CAB + IP + IM + GNI + \epsilon$$

La Tabla 11 muestra los residuales del Modelo 2.

Tabla 11. Residuales del Modelo 2

MIN	1Q	MEDIAN	3Q	MAX
-27.461	-6.697	1.100	7.204	18.474

Fuente: elaboración de los autores.

La Tabla 12 muestra los coeficientes del Modelo 2.

Tabla 12. Coeficientes del Modelo 2

	ESTIMATE	STD. ERROR	T-VALUE	PR(> T)
(Intercept)	-119.893	203.971	-0.588	0.559817
datostesis\$REER	0.6418	0.1731	3.708	0.000606
datostesis\$CAB	34.306	11.730	2.925	0.005537
datostesis\$IP	0.4823	0.1260	3.827	0.000425
datostesis\$IM	-0.6845	0.2371	-2.886	0.006133
datostesis\$GNI	10.173	0.5874	1.732	0.090665

Fuente: elaboración de los autores.

La Tabla 13 muestra el resumen del Modelo 2.

Tabla 13. Resumen del Modelo 2

Error estándar de los residuales:10.42 en 42 grados de libertad (DF)
Múltiple R -cuadrado:0.7504, R -cuadrado ajustado:0.7207
Estadístico F: 25.26 en 5 and 42 DF, p -valor: 1.152e-11
AIC2 = 368.8192

Fuente: elaboración de los autores.

Para el Modelo 2, las variables que resultaron significativas fueron las mismas del Modelo 1, adicionando una variable más: Crecimiento anual del ingreso nacional bruto, que también resultó significativa en el trabajo de Guachamín *et al.* (2020). Asimismo, la variable Saldo de cuenta corriente también resulto ser significativa para el modelo de riesgo país desarrollado por Vij. (2005)

4.3.1 Validación de supuestos para el Modelo 2

Errores de especificación

- Sobre-especificación: se probaron 16 variables, se aplicaron contrastes de hipótesis y se corrieron 12 modelos de prueba.
- Sub-especificación: se aplicó el test de Ramsey basado en las mismas hipótesis del Modelo 1:

$$\text{RESET} = 1.7158, \text{DF1} = 5, \text{DF2} = 37, p\text{-valor} = 0.1552$$

$p\text{-valor} = 15.52\% > \alpha = 5\%$; por tanto, no se rechaza la hipótesis nula

Pruebas de multi-colinealidad

- Se analizó el R^2 ajustado. En el caso de este modelo, el resultado final es 0.7207.
- Prueba VIF.

La Tabla 14 muestra la prueba VIF del Modelo 2.

Tabla 14. Prueba VIF del Modelo 2

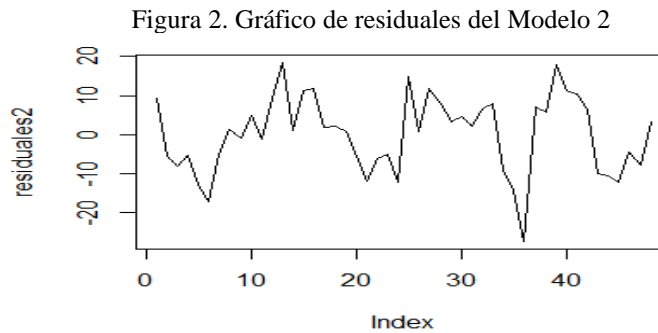
REER	CAB	IP	IM	GNI
1.891.977	1.778.142	1.451.544	1.691.474	1.732.553

Fuente: elaboración de los autores.

Pruebas de normalidad de los residuales

- a) Gráfico de normalidad de los residuales.

La Figura 2 muestra el gráfico de residuales del Modelo 2.



Fuente: elaboración de los autores.

- b) Se aplicó el estadístico de contraste de Jarque-Bera, donde

- $JB = 0.95109$, $p\text{-valor} = 0.6215$
- $p\text{-valor} = 62.15\% > 5\%$; por tanto, no se rechaza H_0

Prueba de homocedasticidad y heterocedasticidad

Se aplicó el test de Breush-Pagan, donde

- $BP = 9.7112$, $df = 5$, $p\text{-valor} = 0.08384$
- $BP = 8.384\% < 10\%$; por tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0

Corrección de heterocedasticidad

Se aplicó el método de errores robustos y se corrió de nuevo la regresión.

- $R\text{-cuadrado}: 0.7504$; $R\text{-cuadrado ajustado}: 0.7207$
- Estadístico F: 41.48 en 5, $DF = 42$, $p\text{-valor}: 3.447e-15$

La Tabla 15 muestra los coeficientes robustos del Modelo 2.

Tabla 15. Coeficientes robustos del Modelo 2

	ESTIMATE	STD. ERROR	T-VALUE	PR(> T)	CI LOWER	CI UPPER	DF
(Intercept)	-119.893	150.184	-0.7983	4,29E+02	-422.976	183.190	42
datostesis\$REE R	0.6418	0.1457	44.056	7,14E-02	0.3478	0.9358	42
datostesis\$CAB	34.306	11.688	29.352	5,39E+00	10.719	57.893	42
datostesis\$IP	0.4823	0.1355	35.593	9,39E-01	0.2088	0.7557	42
datostesis\$IM	-0.6845	0.1927	-35.518	9,60E-01	-10.734	-0.2956	42
datostesis\$GNI	10.173	0.6110	16.648	1,03E+02	-0.2159	22.504	42

Fuente: elaboración de los autores.

Prueba de auto-correlación

Se aplicó el test de Durbin-Watson, donde

- $DW = 1.0811$, $p\text{-valor} = 3.554e-05$
- $p\text{-valor} = 3.554e-06 < 5\%$; por tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0

Prueba de auto-correlación para el Modelo robusto 2

- $DW = 1.0811$, $p\text{-valor} = 3.554e-05$
- $p\text{-valor} = 3.554e-06 < 5\%$; por tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0

Prueba de validación global de supuestos de la regresión con el software Rstudio

La Tabla 16 muestra la validación global de los supuestos del Modelo 2.

Tabla 16. Validación global de los supuestos del Modelo 2

	VALUE	P-VALUE	DECISION
Global Stat	291.969	0.5714	Assumptions acceptable.
Skewness	0.88273	0.3475	Assumptions acceptable.
Kurtosis	0.06836	0.7937	Assumptions acceptable.
Link Function	136.125	0.2433	Assumptions acceptable.
Heteroscedasticity	0.60735	0.4358	Assumptions acceptable.

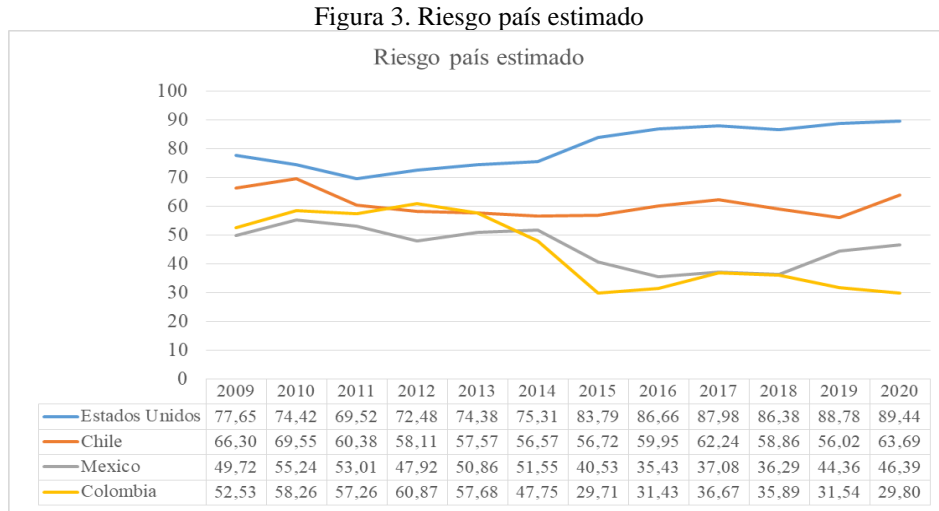
Fuente: elaboración de los autores.

4.4 Resultados de estimación de riesgo país y primas de riesgo país

4.4.1 Riesgo país estimado

El *rating* de riesgo país se estimó como un número adimensional que va de 0 a 100 puntos, donde 100 significa menor riesgo país y 1 significa mayor riesgo país.

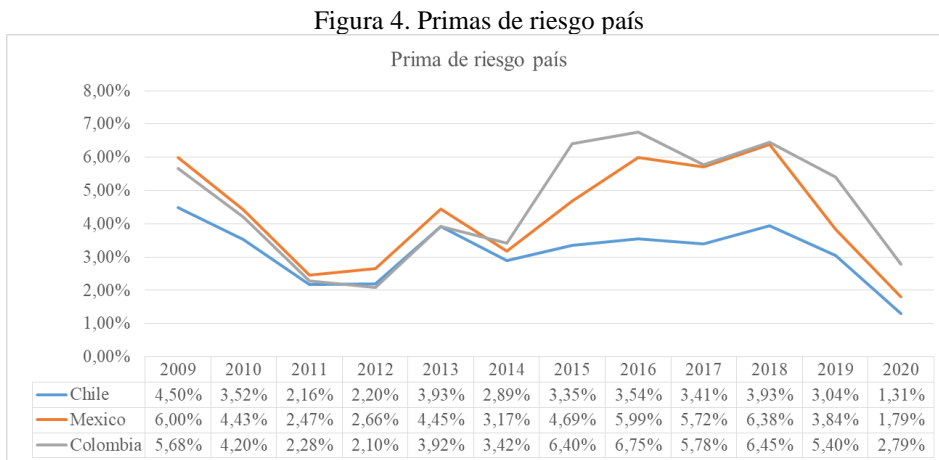
La Figura 3 muestra el riesgo país estimado para los países estudiados.



Fuente: elaboración de los autores.

4.4.2 Primas de riesgo país

Las primas de riesgo país se estimaron para Chile, Colombia y México. La Figura 4 muestra los resultados.



Fuente: elaboración de los autores.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Se observa que el R -cuadrado ajustado (R^{-2}) presenta valores muy similares para ambos modelos -0.71 y 0.72 , respectivamente, lo que indica que las dos regresiones presentan un buen ajuste a los datos; aun así, con el propósito de seleccionar entre los dos modelos, la diferencia en este criterio no es concluyente.

En cuanto al criterio AIC, los valores también son muy similares: 370 para el Modelo 1 y 368 para el Modelo 2, así que tampoco es concluyente. Ahora bien, en los dos modelos, todas las variables independientes tienen un p -valor menor que α , y, por consiguiente, todas resultaron significativas; no obstante, en el caso del Modelo 1 el p -valor del intercepto es más bajo que en el Modelo 2, lo cual puede indicar una mejor bondad de ajuste del primero.

Las variables significativas para los Modelos 1 y 2 son las macroeconómicas y el índice político. En el caso del riesgo social se realizaron pruebas tanto para el índice de desarrollo humano (IDH), la ratio de mortalidad infantil y el desempleo; sin embargo, en todos los casos, al evaluar el p -valor, este siempre fue superior a α (el intervalo de confianza). Por tanto, las variables sociales resultaron no ser significativas, lo que indica que no se encuentra evidencia de que exista una relación lineal entre las variables sociales y el índice de riesgo país evaluado.

Para probar la sub-especificación se aplicó el test de Ramsey, y para ambos modelos no se rechazó la hipótesis nula. Así, se puede concluir que la forma funcional se infiere como correcta y que no existe un problema de sub-especificación.

En relación a la existencia de problemas de multi-colinealidad, en los primeros modelos que se corrieron, que incluían más de seis variables macroeconómicas, se observaron R^2 ajustados elevados y variables independientes con un p -valor muy altos, es decir, variables no significativas. Esta situación lleva a inferir que podría haber problemas de multi-colinealidad debido a una sobre-especificación de las variables; sin embargo, al ir

reduciendo el número de variables, este problema se corrigió y las variables remanentes se volvieron significativas. Por tanto, el R^2 ajustado tomó valores más consistentes.

Para detectar multi-colinealidad sobre las variables finales se realizó la matriz de correlación. Las variables independientes que mejor correlación presentan con la variable dependiente son la tasa real efectiva, el índice político y las importaciones. Las que menos se correlacionan con la variable dependiente son la cuenta corriente y el ingreso nacional bruto.

Las variables independientes que tienen mayor correlación entre ellas son la tasa real efectiva y el índice político, la cuenta corriente y el ingreso nacional bruto. Se puede concluir que la primera correlación alta no tiene mucho sentido, porque, en teoría, no hay una relación directa entre un índice político y una variable macroeconómica específica. La segunda correlación alta podría generar problemas de multi-colinealidad, pero solo en el Modelo 2.

Los VIF calculados para todas las variables independientes son menores a 10 puntos, inclusive menores a 5 puntos, lo cual indica que no hay problemas de multi-colinealidad entre ellas.

En referencia al supuesto de normalidad de los residuales, se aplicó el estadístico de contraste Jarque-Bera, y para ambos modelos no se rechazó la hipótesis nula H_0 , lo que indica que los errores sí se distribuyen normalmente. Esto también puede observarse en el gráfico de residuales de ambos modelos.

Para probar la homocedasticidad y la heterocedasticidad se aplicó el test de Breusch-Pagan y en ambos modelos se rechazó la hipótesis nula, lo que indica que existen problemas de heterocedasticidad, es decir, se infiere una relación lineal entre las variables, pero la varianza de los errores no es constante. Por tanto, se optó por aplicar el método de errores robustos para corregir la heterocedasticidad. Se observa para ambos modelos que en las dos regresiones los coeficientes son los mismos; no obstante, la fórmula de errores robustos queda “re-balanceada” y, de esta forma, se ajustan los errores estándar.

Para probar el supuesto de auto-correlación se aplicó el test de Durbin-Watson para ambos modelos en la regresión normal y en la regresión robusta, y en ambos casos no se rechazó la hipótesis nula H_0 ; por tanto, se concluye que hay problemas de auto-correlación. Esto se puede deber a que se han omitido variables relevantes o a que la forma funcional de los modelos no es la más eficiente. En este trabajo se probaron muchas variables macroeconómicas, por lo cual se infiere que el problema se puede deber a la forma funcional, es decir, los estimadores son lineales e insesgados, pero no son los más eficientes.

En resumen, el Modelo 1 cumple con todos los supuestos lineales, excepto que presenta un problema de heterocedasticidad y un problema de auto-correlación. Por su parte, el Modelo 2 cumple con todos los supuestos lineales, excepto que presenta un problema de multi-colinealidad, heterocedasticidad y un problema más sensible de auto-correlación.

En relación a la prueba automática que se realizó con el *software* Rstudio, donde se lleva a cabo una evaluación global de los supuestos de la regresión, se puede concluir que ambos modelos presentan una validación estadística aceptable. (Peña & Slate, 2006)

Para el cálculo del riesgo país y de las primas de riesgos asociadas, se seleccionó el Modelo 1, ya que presenta mejores resultados en la validación de supuestos.

Se observa que Estados Unidos presenta los mayores valores de *rating* de riesgo país para todos los años, lo que indica que de los países analizados es el país con menor riesgo. Estos resultados son coherentes, pues Estados Unidos es el país libre de riesgo de referencia para este trabajo.

Hasta 2013, México presentó el riesgo país más alto, y a partir de 2014 hasta 2020, Colombia asumió este lugar. De 2014 a 2015, el riesgo país de México incrementó un 21 %. En 2014, bajo el gobierno de Enrique Peña Nieto, se materializaron varios escándalos relacionados con corrupción, como fue el caso de la “casa blanca”. Adicionalmente se dio la desaparición de 43 estudiantes de la Escuela Normal Rural Isidro Burgos de Ayotzinapa, caso que el Gobierno mexicano no pudo esclarecer y que afectó su credibilidad internacional. A pesar de la situación política en México, en 2014 se presentaron hechos positivos en materia económica que pueden explicar la menor caída del riesgo país comparativamente con Colombia. Según se describe en los *Informes de*

avance trimestral 2014 (Gobierno de México, 2014), el Gobierno Federal realizó una emisión de un nuevo bono, con vencimiento en 2114, por un monto de mil millones de libras esterlinas. Esta fue la primera transacción en los mercados internacionales de capital después de que la agencia calificadora Moody's colocara la calificación crediticia de la deuda soberana de México en la categoría A, al incrementar la calificación de Baa1 a A3 el 5 de febrero de 2014.

Por su parte, en 2014, Colombia vivía un momento coyuntural y las expectativas de la comunidad internacional sobre el proceso de paz con las FARC no se estaban cumpliendo. La incertidumbre acerca del éxito del proceso de paz se estableció como la mayor preocupación por parte de los inversionistas y afectó en gran medida el componente político del país. Adicionalmente, en ese año se produjeron las primeras condenas por grandes escándalos en el país relacionadas con hechos de corrupción como Agro Ingreso Seguro y el carrusel de la contratación. En materia económica durante ese año, la baja en el precio del petróleo afectó en gran medida las cuentas nacionales; esto último podría explicar el incremento más sensible de riesgo país de Colombia sobre México.

En el caso de Chile se presenta la perspectiva más estable de los países analizados. Su *rating* de riesgo país estimado se mantuvo constante para todos los años entre 60 y 70 puntos, excepto en 2019, cuando presentó la mayor caída, que puede explicarse debido al estallido social y las continuas protestas que iniciaron precisamente ese año.

Para 2020, se observa que Colombia presentó un incremento sensible en el riesgo país, lo cual puede explicarse a que su economía pudo afectarse en mayor medida por el fenómeno de la COVID-19.

En coherencia con el análisis anterior, Colombia presentó en promedio la prima de riesgo más alta entre 2009 y 2020 (4.60 %), seguido de México (4.30 %) y Chile (3.15 %).

Para el último año de este análisis (2020), Colombia presentó la prima de riesgo más alta entre los países; sin embargo, no es la más alta comparada con años anteriores, situación que es similar para Chile y México. Esto puede explicarse debido a que, pese a los efectos económicos y sociales originados por la pandemia, la tasa libre de riesgo de referencia (T-BOND) estuvo baja para ese año por las medidas tomadas por la Reserva Federal de

Estados Unidos para mitigar los efectos de recesión económica generada por la COVID- 19.

Como conclusión final de este trabajo se destaca que el modelo más ajustado y seleccionado para estimar el riesgo país y la prima de riesgo país es el Modelo 1, que inclusive arroja resultados coherentes en conformidad con la situación política y económica que se ha venido presentando en los diferentes países para los años analizados. No obstante, dado el hecho de que el problema de auto-correlación persiste en este modelo, para futuros trabajos se recomienda probar con modelos dinámicos que puedan explicar mejor la relación entre las variables económicas, políticas y sociales de los países.

6. Referencias

- Banco Mundial (s. f.-a). *Índice de tasa de cambio real efectiva (2010 = 100)*. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/PX.REX.REER>
- Banco Mundial (s. f.-b). *Saldo en cuenta corriente (% del PIB)*. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/BN.CAB.XOKA.GD.ZS>
- Banco Mundial (s. f.-c). *Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)*. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicator/NE.IMP.GNFS.ZS>
- Banco Mundial (s. f.-d). *Crecimiento del PIB (% anual)*. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>
- Bloomberg. (s. f.). Sitio web <https://bba.bloomberg.net/>
- Bouchet, M. H., & Goguel, A. (2019). The shortcomings of models in country risk management. *Journal of Risk Management in Financial Institutions*, 12(2), 125-144.
- Carpenter, S., & Vellat, M. (2009). The application of a planned economy country risk model to the assessment of market entry into the Chinese banking sector. *Journal of Financial Services Marketing*, 13(4), 345-356. <https://doi.org/10.1057/fsm.2008.28>
- Celasun, O., & Harms, P. (2011). Boon or burden? The effect of private sector debt on the risk of sovereign default in developing countries. *Economic Inquiry*, 49(1), 70-88. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.2010.00267>.
- CFA Institute (2018). *CFA Program Curriculum 2019, Level II, Volumes 1-6, Box Set*. Charlottesville, VA: CFA Institute.
- Damodaran, A. (2003). Measuring company exposure to country risk: Theory and practice. *SSRN Electronic Journal*, septiembre. <https://doi.org/10.2139/ssrn.889388>
- Das, S. R. (2018). Multiple regression and machine learning. Reading 8 en *CFA Program Curriculum for CFA Level II*. Charlottesville, VA: CFA Institute.
- DeFusco, R. A. (2018). Multiple regression and machine learning. Reading 8 en *CFA Program Curriculum for CFA Level II*. Charlottesville, VA: CFA Institute.
- Díaz Tagle, S., Gallego Checa, A., & Pallicera Sala, N. (2008). *Riesgo país en mercados emergentes*. Barcelona: Universitat Pompeu Fabra, IdEC, Máster en Mercados Financieros 2007-2008. Disponible por descarga en

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjD5Zep1bb2AhVITDABHXa4A-IQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.bsm.upf.edu%2Fdocuments%2Fmmf%2F07_01_riesgo_pais_en_mercados_emergentes.pdf&usg=AOvVaw09-kJhPhhU9b3ufczXT1xp

- Faura-Martínez, Ú., Lafuente-Lechuga, M., & García-Luque, O. (2016). Riesgo de pobreza o exclusión social: evolución durante la crisis y perspectiva territorial. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 156, 59-76. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.156.59>
- Gamarra Gómez, L. S. (2015) *Instrumentos de cobertura del riesgo país para países emergentes como Colombia* [tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Disponible por descarga en <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/7709>
- Girard, E. (2018). How does country risk matter? *The Journal of Global Business and Technology*, 14(1), 53-68. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/327603628_How_Does_Country_Risk_Matter_The_Journal_of_Global_Business_and_Technology_141_p_53-67
- Gobierno de Ciudad de México. (2014). *Informes de avance trimestral 2014*. <https://servidoresx3.finanzas.cdmx.gob.mx/documentos/iapp14.html>
- Guachamín, M., Ramírez Cifuentes, D., & Delgado, O. (2020). An uncertainty thermometer to measure the macroeconomic-financial risk in South American countries. *Journal of International Development*, 32(6), 854-890. DOI 10.1002/jid.3480
- Hammer, P. L., Kogan, A., & Lejeune, M. A. (2011). Reverse-engineering country risk ratings: A combinatorial non-recursive model. *Annals of Operations Research*, 188(1), 185-213. <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0529-0>
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). *The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues*. The World Bank, Policy research working paper n.º WPS 5430. Disponible por descarga en <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/3913>
- Kosmidou, K., Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2008). *Country risk evaluation: Methods and applications*. Ciudad de Nueva York, NY: Springer.
- McLeavay, D. W. (2018). Multiple regression and machine learning. Reading 8 en *CFA Program Curriculum for CFA Level II*. Charlottesville, VA: CFA Institute.

- Naumoski, A. (2012). Estimating the country risk premium in emerging markets: The case of the Republic of Macedonia. *Financial Theory and Practice*, 36(4), 413-434. <https://doi.org/10.3326/fintp.36.4.5>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE. (s. f.). *Data*. Disponible en <https://data.oecd.org/>
- Peña, E. A., & Slate, E. H. (2006). Global validation of linear models assumptions methods. *Journal of the American Statistical Association*, 101(473), 341-354. DOI 10.1198/016214505000000637
- Pertiwi, N., Ratnawati, K., & Aisjah, S. (2019). Understanding country risk toward foreign direct investment moderated by ease of doing business ranking (Study in ASEAN (Indonesia, Malaysia, Thailand, Philippines, and Vietnam)). *Journal of Applied Management*, 18(2), 269-276. DOI 10.21776/ub.jam.2020.018.02.07
- Pinto, J. E. (2018). Multiple regression and machine learning. Reading 8 en *CFA Program Curriculum for CFA Level II*. Charlottesville, VA: CFA Institute.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. (2018). *Índices e indicadores de desarrollo humano. Actualización estadística 2018*. Ciudad de Nueva York, NY: PNUD. Disponible por descarga en https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiXy7Dfyrf2AhU7TTABHVaqByIQFnoECACQAQ&url=http%3A%2F%2Fhdr.undp.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2018_human_development_statistical_update_es.pdf%3Fsource&usq=AOvVaw0NTHidWPjtkA2quokNxIvu
- PRS Group. (s. f.). *The International Country Risk Guide (ICRG)*. Liverpool, NY: PRS Group.
- Ramady, M. A. (2014). *Political, economic and financial country risk. Analysis of the Gulf Cooperation Council*. Ciudad de Nueva York, NY: Springer.
- Runkle, D. E. (2018). Multiple regression and machine learning. Reading 8 en *CFA Program Curriculum for CFA Level II*. Charlottesville, VA: CFA Institute.
- San-Martín-Albizuri, N., & Rodríguez-Castellanos, A. (2012). Globalisation and the unpredictability of crisis episodes: An empirical analysis of country risk indexes. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 18(2), 148-155. [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)70005-9](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)70005-9)
- Tønnessen, M. (2019). Human development, inequality and social risks in Latin-America and the Nordic countries. *Journal of Comparative Social Work*, 14(1), 1-28. <https://doi.org/10.31265/jcsw.v14.i1.231>

Vij, M. (2005). The determinants of country risk analysis: An empirical approach.
Journal of Management Research, 5(1), 20-31.