UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Incidencia del índice de riesgo país sobre el nivel de innovación en Colombia

Raúl Andrés Laverde Yepes

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Bogotá D.C., Colombia
2020

Incidencia del índice de riesgo país sobre el nivel de innovación en Colombia

Raúl Andrés Laverde Yepes

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias Económicas

Director:

Doctor Diego Fernando Hernández Losada

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Bogotá D.C., Colombia

2020

A mis padres y a mi hermano.

Agradecimientos

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo. En primer lugar, agradezco a mis padres, Raúl y Luz Dary, y a mi hermano, Camilo, por todo su apoyo, no solo a lo largo de la construcción del presente documento sino en la generalidad de mi vida.

Igualmente, agradezco al doctor Diego Hernández, director de este trabajo de grado y mi profesor, por creer desde el principio en este proyecto y proporcionarme su apoyo constante.

Por último, agradezco a la Universidad Nacional de Colombia y al conjunto de sus integrantes por ofrecerme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente como elemento esencial de mi proyecto de vida.

Resumen

Las condiciones de estabilidad política, económica y financiera en medio de las cuales se desarrolla la innovación de un país se cuantifican en la calificación de riesgo país de cada nación. Por tanto, existe una relación entre riesgo país y nivel de innovación a la expectativa de ser estudiada. En ese sentido, la reducida bibliografía referente a esta relación específica se centra en las naciones líderes en innovación y no existen estudios enfocados en países emergentes y, mucho menos, en Colombia.

El presente estudio analiza la relación entre el riesgo país de Colombia, medido a través del "Emerging Markets Bonds Index" (EMBI+), y su nivel de innovación, aproximado mediante las cifras de número de patentes o de inversión en ACTI (Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación), entre 2001 y 2018 y a través de análisis econométricos de regresión lineal. Como resultado, se obtiene una fuerte incidencia del EMBI+ sobre el número de patentes que confirma el alto impacto del riesgo país sobre el nivel de innovación para el caso colombiano y el comportamiento inversamente proporcional en que, a mayor riesgo país, menor nivel de innovación, y viceversa.

Los resultados obtenidos buscan contribuir en la estructuración de política pública alrededor de la innovación como uno de los elementos esenciales de progreso para un país emergente como Colombia.

Palabras clave: riesgo país, EMBI+, innovación, patente, Colombia.

Abstract

The conditions of political, economic and financial stability in which the innovation of a country develops is quantified by the country risk rating of each nation. Therefore, there is a relationship between country risk and innovation level in expectation of being studied. By the way, the reduced bibliography related to this specific relationship focuses on the leading nations in innovation and there are no studies focused on emerging countries like Colombia.

This study analyzes the relationship between Colombia's country risk, measured through the “Emerging Market Bond Index” (EMBI+), and its innovation level, measured through the numbers of patents or the investment in STIA (Science, Technology and Innovation Activities), between 2001 and 2018 and through linear regression econometric analyses. As a result, there is a strong incidence of the EMBI+ on the number of patents that confirms the high impact of the country risk on the innovation level for the colombian case and the inversely proportional behavior in which a higher country risk implies a lower innovation level.

The present results seek to contribute to the creation of public policy around innovation as one of the essential elements of progress for an emerging country like Colombia.

Keywords: country risk, EMBI+, innovation, patent, Colombia.

Contenido

	Pág.
Introducción	**10**
Marco teórico	**12**
Diseño metodológico	**22**
Análisis de resultados	**37**
Recomendación de política	**44**
Conclusiones	**52**
Bibliografía	**55**

Lista de figuras

		Pág.
Figura 1:	Comportamiento EMBI+ 2001-2018	**23**
Figura 2:	Comportamiento patentes 2001-2018	**25**
Figura 3:	Comportamiento inversión en ACTI 2002-2018	**28**
Figura 4:	Código ejecutado en RStudio para análisis de correlación	**29**
Figura 5:	Correlación entre riesgo país y patentes	**30**
Figura 6:	Correlación entre riesgo país e inversión	**30**
Figura 7:	Diagrama de dispersión para regresión lineal	**32**
Figura 8:	Código ejecutado en RStudio para regresión lineal	**32**
Figura 9:	Diagrama de dispersión con recta	**33**
Figura 10:	Diagrama de dispersión para regresión lineal	**34**
Figura 11:	Código ejecutado en RStudio para regresión lineal	**35**
Figura 12:	Diagrama de dispersión con recta	**36**
Figura 13:	Código ejecutado en RStudio para ANOVA	**40**
Figura 14:	Código ejecutado en RStudio para test de Shapiro-Wilk	**42**
Figura 15:	Círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo	**44**
Figura 16:	Círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo	**45**
Figura 17:	Porcentaje de asignación de cupo de beneficios tributarios	**49**

Lista de tablas

		Pág.
Tabla 1:	Cifras EMBI+ 2001-2018	**22**
Tabla 2:	Cifras patentes concedidas 2001-2018	**24**
Tabla 3:	Distribución de patentes 2001-2018 por solicitante	**25**
Tabla 4:	Distribución de patentes 2001-2018 por vía presentación	**26**
Tabla 5:	Cifras inversión en ACTI (millones de pesos de 2015) 2002-2018	**27**
Tabla 6:	Coeficientes de correlación	**29**
Tabla 7:	Resultados regresión lineal entre EMBI+ y patentes concedidas	**33**
Tabla 8:	Resultados regresión lineal entre EMBI+ e inversión en ACTI	**35**
Tabla 9:	Resultados regresiones lineales	**37**
Tabla 10:	Resultados Análisis de Varianza (ANOVA)	**40**
Tabla 11:	Resultados test Shapiro-Wilk.	**42**

Introducción

“La innovación puede ocurrir a nivel nacional en una amplia gama de entornos. Sin embargo, los principales países innovadores a nivel internacional tienen varios rasgos comunes, incluida la estabilidad económica, financiera y política” (Hoti y McAleer, 2006, p.691). Dichos rasgos se ven reflejados en los índices de riesgo país. Precisamente, estos últimos son indicadores de la probabilidad de que un país incumpla sus deudas y se construyen, en gran medida, a partir de indicadores de riesgo político y desempeño económico (Cosset y Roy, 1991). En otras palabras, las condiciones de estabilidad política, económica y financiera de un territorio en medio de las que se desarrolla su innovación son cuantificadas por los índices de riesgo país.

Entonces, parece existir una relación entre las calificaciones de riesgo país y el nivel de innovación, aunque ella no ha sido ampliamente estudiada. En ese sentido, la reducida bibliografía referente a esta relación específica se centra en las naciones líderes en innovación y no existen estudios enfocados en países emergentes y, mucho menos, en Colombia. La necesidad de un estudio centrado en este país se hace aún más presente en la medida en que parece existir una conexión circular o círculo virtuoso entre riesgo e innovación que, a grandes rasgos, le da a esta última una naturaleza de autogeneración:

> […] una mayor innovación refleja mayores capacidades tecnológicas y oportunidades de crecimiento en un país que, a su vez, conduce a calificaciones de riesgo país o solvencia más altas. Por otro lado, las calificaciones de riesgo país más altas conducen a una mayor inversión extranjera y flujo de capital a un país que, a su vez, conduce a un mayor crecimiento y avance tecnológico, y por lo tanto a una mayor innovación. (Hoti y McAleer, 2006, p.713)

Por tanto, lo reducido de la literatura específica, su falta de renovación en los últimos años y, sobre todo, su enfoque en países desarrollados asegura el carácter novedoso de una investigación sobre el tema centrada en Colombia.

Al mismo tiempo, la innovación es un elemento crucial para las economías emergentes en la medida en que el "[…] costo total de la innovación se considera uno de los factores determinantes para lograr un crecimiento económico sostenible" (como se cita en Murro, 2013, p.293). En ese sentido, y como sucede con cualquier otra decisión presupuestal, la inversión gubernamental en innovación debe estar respaldada por estudios e investigaciones que la avalen. Dichos elementos se encaminan, principalmente, a demostrar que la innovación es rentable. Entonces, un análisis de la relación entre innovación y medidas de desempeño financiero a nivel macro, como los índices de riesgo país, se constituye en material pertinente para la formulación de política pública encaminada al llamamiento de inversión en ciencia, tecnología y educación.

En consecuencia, el propósito de la presente investigación es analizar la incidencia del riesgo país de Colombia sobre su nivel de innovación en años recientes, de tal forma que se defina si la relación entre las partes se cumple para este país y, por tanto, si es un instrumento útil para la formulación de su política pública. Para lograr el anterior objetivo, se empieza por un análisis de la literatura relacionada al tema, el cual, además de establecer los conceptos claves de la investigación, explora la relación entre riesgo e innovación a niveles micro y macroeconómicos.

Después, se ejecutan análisis econométricos en los que se relacionan cifras de riesgo país y de cuantificaciones del nivel de innovación de Colombia para establecer una serie de resultados. Así, se confirma, por ejemplo, que, a mayor riesgo país, menor nivel de innovación, y, a menor riesgo país, mayor nivel de innovación. Con base en los resultados, se dan una serie de recomendaciones de política pública que tienen por objetivo estimular la innovación, tales como mantener una reputación de buen pagador para Colombia y aumentar los estímulos fiscales a las empresas.

Finalmente, se entablan conclusiones, siendo las más relevantes la confirmación de un impacto fuerte del riesgo país sobre el nivel de innovación en Colombia y la convalidación de los resultados de la presente investigación con los de sus similares de la literatura relacionada.

Marco teórico

En los últimos años, la inversión extranjera en mercados emergentes y el involucramiento de firmas en nuevos contextos han aumentado considerablemente, por lo que inversionistas y gerentes "están más preocupados que nunca por pronosticar riesgos económicos y políticos potenciales" (Bettis, Oetzel y Zenner, 2001, p.128). Una de las formas de pronóstico a la que más acuden inversionistas y gerentes para asesorarse y orientarse son las mediciones del riesgo país (Bettis et al., 2001).

El riesgo país puede definirse como

> la probabilidad de eventos futuros particulares dentro de un Estado que podrían tener un efecto adverso en el funcionamiento de una organización determinada [...], ya sea esa organización una empresa, agencia gubernamental, organización no gubernamental (ONG) u otro tipo de cuerpo. (Brown, Cavusgil y Lord, 2015, p.247)

Por tanto, las mediciones de riesgo país buscan "pronosticar eventos políticos o económicos en un país que pueden 'afectar el clima de negocios de tal manera que los inversionistas pierdan dinero o no ganen tanto dinero como esperaban cuando se realizó la inversión'" (como se cita en Bettis et al., 2001, p.129).

A nivel práctico, el riesgo país refleja, comúnmente a través de una cifra numérica, las condiciones financieras, económicas y políticas de una nación, pues es una "medida general de la solvencia crediticia del país, que indica la capacidad de un país para cumplir con sus obligaciones financieras externas, en función de su desempeño económico, financiero y político" (Hoti y McAleer, 2006, p.692). En otras palabras, esta cuantificación consiste en "un concepto compuesto, que se relaciona no solo con el riesgo político sino también con el riesgo financiero y el riesgo económico, [y] que se refiere a la capacidad de un país para pagar sus obligaciones externas" (Chang, Liu, Shi y Wei, 2018, p.3).

Partiendo del concepto general, existen multiplicidad de mediciones del riesgo país, ya sea por la metodología con la que se obtienen las cifras o los países que se comparan entre sí, entre otras variables. En ese sentido,

> el orden de clasificación puede realizarse en todos los países, con respecto a grupos de países (como 'América Latina' o 'mercados emergentes'), o en el nivel de micro-riesgo (como 'enfermedades infecciosas' o 'infraestructura de transporte'') [y las] clasificaciones de riesgo pueden ser a través de percepciones cualitativas de expertos [...] o basadas en datos duros (o ambos). (Brown et al., 2015, p.247)

Así, por ejemplo, el EMBI+, que es el medidor más común y usado del riesgo país de mercados emergentes como Colombia, sintetiza las condiciones financieras, económicas y políticas en la "diferencia entre la tasa de interés que un país debe de pagar por emitir deuda en el exterior con respecto al rédito que pagan los bonos norteamericanos, considerados los bonos gubernamentales libres de riesgo" (Rojas, 2016). Es decir, el EMBI+ indica cuánto más de tasa de interés debe ofrecer un país en sus bonos con respecto a los bonos libres de riesgo norteamericanos para "compensar el mayor riesgo por su adquisición" (Rojas, 2016). De allí, es evidente que un menor EMBI+ representa un menor riesgo para invertir (para financiar).

Por otro lado, la innovación se concibe como

> la introducción intencional y la aplicación dentro de un rol, grupo u organización de ideas, procesos, productos o procedimientos nuevos para la unidad de adopción relevante y diseñados para beneficiar significativamente al individuo, el grupo, la organización o una sociedad más amplia. (como se cita en Brown y Osborne, 2013, p.188)

En cuanto a la propiedad de la innovación de ser beneficiosa, Romer (1990) indica que "el cambio tecnológico […] se encuentra en el corazón del crecimiento económico" (p.72). Y, en cuanto a la naturaleza intencional de la innovación, el mismo autor establece que "el cambio tecnológico surge en gran parte debido a acciones intencionales tomadas por personas que responden a incentivos del mercado" (Romer, 1990, p.72).

Un hecho relacionado con esta última aseveración es que "las empresas innovan más cuando están más expuestas a una competencia de importaciones de bajo costo"

(Bloom, Romer, Terry y Van Reenen, 2013, p.208). Derivado de allí, se tienen ejemplos en la práctica como el caso del productor estadounidense de zapatos que responde

> al aumento de las importaciones chinas deteniendo la producción de calzado masculino para el mercado masivo que ya no era rentable. En lugar de simplemente dejar inactiva su fábrica, empleados calificados, capital de marca y recursos organizacionales, la empresa introdujo nuevos tipos de zapatos para nichos de mercado más pequeños [...] (uno de estos nuevos tipos de zapatos) obtuvo una patente. (como se cita en Bloom et. al, 2013, p.208)

Ahondando en el posicionamiento que hace Romer de la innovación en el corazón del crecimiento económico, el autor indica que: "[...] el cambio tecnológico tiene un efecto directo sobre el crecimiento al aumentar la cantidad de producción que se puede producir con cantidades fijas de capital y trabajo" (Nelson y Romer, 1996, p.13). Es decir, la innovación es capaz de generar un aumento de la producción sin requerir de un aumento de los factores de producción y, por ende, tiene un papel preponderante en el crecimiento. En consecuencia, el progreso técnico es la fuerza motora llamada a compensar los rendimientos decrecientes o "la noción de que los beneficios marginales disminuyen a medida que aumenta el esfuerzo en cualquier actividad" (Nelson y Romer, 1996, p.13).

Más allá del efecto directo de la innovación sobre el crecimiento, Romer indica que esta tiene efectos indirectos importantes, pues "aumenta los rendimientos de las inversiones en capital físico y humano" (Nelson y Romer, 1996, p.13). Puntualmente, se da que

> si no hubiera avance tecnológico, los rendimientos de estos dos tipos de capital se reducirían a cero. La acumulación de capital se detendría. En un sentido fundamental, todo el crecimiento económico, incluso el crecimiento económico causado directamente por la acumulación de capital, puede atribuirse en última instancia al cambio tecnológico. (Nelson y Romer, 1996, p.14)

Así, se constata la posición privilegiada de la innovación en la teoría económica y, sobre todo, en la teoría del crecimiento, el cual se ve influenciado por elementos como el riesgo país.

Aunque es más difícil de cuantificar que el riesgo país, existen múltiples medidores del nivel de innovación, siendo el más popular la cifra de patentes registradas en el territorio: “Las tendencias en el registro de patentes se han utilizado con frecuencia para describir las capacidades tecnológicas de un país y han servido de proxy para la innovación (ver, por ejemplo, Pavitt, 1988; Patel y Pavitt, 1995; Marinova, 2001)” (Hoti y McAleer, 2006, p.691). Comúnmente, el registro de patentes contempla tanto las de invención como las de modelo de utilidad.

Una patente de invención hace referencia a

> un privilegio que le otorga el Estado al inventor como reconocimiento de la inversión y esfuerzos realizados por éste para lograr una solución técnica que le aporte beneficios a la humanidad. Dicho privilegio consiste en el derecho a explotar exclusivamente el invento por un tiempo determinado. (Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), 2019)

Mientras tanto, una patente de modelo de utilidad consiste en el mismo privilegio de explotación otorgado por el Estado pero aplica específicamente con

> invenciones que consisten en una nueva forma, configuración o disposición de elementos de un artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o parte de los mismos, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que lo incorpora o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. (SIC, 2019)

Por tanto, ambas formas de patente se diferencian en la medida en que el “modelo de utilidad sólo contempla la protección de invenciones de producto; en cambio en la patente de invención se protegen invenciones de producto y, también, de procedimiento” (SIC, 2019).

Sean de invención o de utilidad, las patentes se establecen como “derechos de propiedad y reflejo de los procesos de innovación” (Aristizábal, Montoya y Montoya, 2014, p.59) y, sobre todo, como “resultados directos del proceso inventivo, especialmente de las invenciones que se espera que tengan impacto” (como se cita en Aristizábal et. al, 2014, p.59). En otras palabras, una patente evidencia y protege la invención de un nuevo producto o procedimiento con la expectativa de que dicha novedad tenga un impacto real en el mercado, pues

> es un certificado que otorga el gobierno, donde se reconoce que se ha realizado una invención y que pertenece a una persona en particular (el titular de la patente), dándole por un tiempo limitado el derecho exclusivo de impedir que sin su consentimiento terceras personas utilicen o exploten su invención. (como se cita en Castellanos, Jiménez, León, Montañez y Vargas, 2005, p.74)

El hecho de que la patente proteja una innovación con la expectativa de que esta tenga un impacto real en el mercado no asegura en ningún momento que ese impacto exista. Por tanto, las patentes se constituyen como factores de entrada de la innovación (y, por ello, son medidores útiles de ella), mas no de posicionamiento de productos en el mercado (y, por ello, tienen sus limitantes). Esta característica esencial de las patentes da paso a algunas críticas hacia su implementación en la literatura de la innovación, tal como se discute a continuación.

Pese a su popularidad, la utilización del registro de patentes como medidor de la innovación no está exenta de polémicas. Por ejemplo, a nivel de firmas, el número de patentes puede no ser un medidor completo, pues “no todas las invenciones son patentables [...] [y] muchas veces las empresas deciden usar otros métodos de protección como el secreto industrial” (como se cita en Aristizábal et. al, 2014, p.61).

Más importante aún, en algunas investigaciones se ha encontrado que “no existe correlación estadística entre el número de patentes de una organización y sus resultados a nivel de negocio” (como se cita en Aristizábal et. al, 2014, p.62). Como justificaciones de este hecho, se sugiere comúnmente que

> cuando una compañía busca crecer mediante innovación, es más importante desarrollar un modelo de negocios robusto y funcionalidad cruzada que incrementar el presupuesto de I+D [...] (y, sobre todo,) el número de patentes de una compañía no es nada sin una estrategia que lo acompañe. (como se cita en Aristizábal et. al, 2014, p.62)

Lo anterior evidencia una distorsión entre la invención contenida en la patente y su impacto efectivo en la economía de la firma o país estudiado, pues señala que no toda patente registrada por una firma se traduce en el posicionamiento de un producto en el

mercado. En palabras más simples, el estudio de patentes tiene limitantes en la medida en que hay innovaciones introducidas al mercado que nunca se patentan e innovaciones patentadas que nunca son introducidas en el mercado. Así, a pesar de la gran utilidad de las patentes como medidores de la innovación, se evidencia que este no es un indicador incuestionable en un panorama sin indicadores perfectos.

Otra polémica popular alrededor de las patentes como indicadores del nivel de innovación es la diferencia existente en la cultura de patentación y la manera cómo ellas se insertan en el mercado entre países desarrollados (como los pertenecientes a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)) y países en desarrollo. Al respecto, Aristizábal et. al (2014) indican, por ejemplo, que la

> diferencia en la intensidad de patentamiento entre los países desarrollados y América Latina, se debe al atraso de los últimos frente a los primeros. En Latinoamérica, los gastos en innovación se invierten principalmente en maquinaria y equipos debido a su atraso, y no en I+D como en el caso de la OCDE. (p.62-63)

Ferrada y Fuentes (2016) concuerdan con lo anterior al establecer que “Latinoamérica presenta un evidente rezago frente al resto de las naciones miembros de la OCDE, en la generación de innovación y nuevas tecnologías” (p.57) y que ello se debe, en parte, a que “la mayoría de las firmas a nivel latinoamericano, basan sus procesos de innovación en la imitación, adaptación e ingeniería inversa de métodos y tecnologías de empresas foráneas” (p.57). Los referenciados autores ilustran estas aseveraciones con el caso práctico que desarrollan en su literatura: el caso chileno.

Con referencia a este último, Ferrada y Fuentes (2016) indican que

> Las patentes en Chile, durante el periodo 2007-2012, en promedio alcanzaron las 12 familias triádicas, por su parte países como México y Argentina presentaron medias de 15 y 12 familias triádicas respectivamente. Por otra parte, la media total para el mismo período en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) asciende a 48.242 familias de patentes triádicas (OCDE, 2015). Lo anterior muestra, la gran brecha tecnológica entre países desarrollados y en vías de desarrollo. (p.57)

Una familia triádica es un conjunto de solicitudes de patente que “se presentan ante la European Patent Office (EPO), la Japan Patent Office (JPO) y (son) concedidas por la

United States Patent and Trademark Office (USPTO)" (Ferrada y Fuentes, 2016, p.57). Así, los autores chilenos respaldan estadísticamente la diferencia en cultura de patentación entre Latinoamérica y los países de la OCDE y se la atribuyen, tal como Aristizabal et. al, a la poca inversión en iniciativas de I+D en pro de la inversión en capital de trabajo básico o la imitación de tecnologías extranjeras.

Castellanos et. al (2005) contribuyen en la discusión al sugerir que, además del atraso tecnológico de los países en desarrollo, la cultura de la patentación se ve afectada por el "poco conocimiento por parte de las empresas (de esta región) acerca de la utilidad de las patentes para la protección de sus resultados en I&D y del análisis de patentes para la generación de conocimiento empresarial" (p.74). A manera de solución, los mismos autores indican que es necesaria

> una clara política de difusión a nivel empresarial de todos los servicios que puede prestar la información de las patentes. Dicha difusión debería ser uno de los objetivos prioritarios de entes gubernamentales encargados de la función de desarrollo tecnológico y científico. (Castellanos et. al, 2005, p.75)

En la misma tónica de ofrecer soluciones, Gómez y Molina (2017) llegan al punto de sugerir la explotación de un tipo específico de patente, el modelo de utilidad, como el mejor camino para aumentar la intensidad de patentación latinoamericana. Entonces, los autores abogan porque

> la innovación en los países en vías de desarrollo es de tipo adaptativo e imitativo, y la mejor manera de proteger una pequeña innovación es a través de un modelo de utilidad o pequeña patente. En teoría, a través de la adaptación, la imitación y la innovación incremental, fomentada por la protección a su propiedad industrial las empresas de las economías en vías de desarrollo pueden adquirir conocimientos y aprender haciendo. (p.240)

Además de las diferencias en la cultura de patentación, la eficacia con la que las patentes se convierten en productos insertables en el mercado es distinta entre países desarrollados y en desarrollo. En general, y tal como ya se ha establecido en el presente documento, "las patentes por sí mismas distan mucho de convertirse vis a vis en productos y en procesos tecnológicos concretos" (García, 2017, p.78). Por ejemplo,

García (2017) desarrolla un estudio para el caso específico de la patentación proveniente de universidades mexicanas y concluye que “una proporción muy baja de las patentes universitarias llega a darse en licencia (venderse), quizá alrededor de un 10% o menos” (p.82). Por supuesto, esta cifra aumenta cuando se trata de universidades de países pertenecientes a la OCDE, como Estados Unidos.

En conclusión, la discusión anterior permite entender que la utilización del registro de patentes como cuantificador del nivel de innovación encuentra una limitante de orden geográfico. Por tanto, se debe ser cauto al comparar datos de patentación entre países desarrollados y en desarrollo, pues las dinámicas de protección intelectual y de inserción de las invenciones en el mercado real son diferentes entre naciones. De nuevo, a pesar de la gran utilidad de las patentes como medidores de la innovación, se evidencia que este no es un indicador incuestionable en un panorama sin indicadores perfectos.

Ahora, continuando con la línea teórica de Romer, se enfatiza en

> la importancia del capital humano, el I+D y la innovación en el proceso de crecimiento económico [y se sostiene que] el aumento del gasto en I + D conduce a un aumento de la innovación y la productividad total de la economía. (Pegkas, Staikouras y Tsamadias, 2019, p.1006)

A nivel de país, se encuentra que las “políticas públicas, incluidas las políticas regulatorias, monetarias y fiscales, las adquisiciones, las normas, el capital humano de la fuerza laboral y el acceso al mercado, son factores importantes para establecer un entorno que fomente la innovación” (Pegkas et al., 2019, p.1006). Dicho entorno se ve reflejado en las mediciones de riesgo país.

El último hecho permite desarrollar dos ideas. En primer lugar, parecen existir indicios de una relación, al menos explorable, entre el riesgo país, como cuantificador del entorno nacional, y el nivel de innovación, como fenómeno que se desarrolla en dicho entorno. Y, en segundo lugar, como el referenciado entorno nacional se configura a partir de políticas públicas, es evidente que legislar correctamente y con un respaldo académico serio es clave para estimular la innovación en todos los niveles.

A nivel de las firmas, “la innovación puede tener una gama de implicaciones de rendimiento dentro y entre las empresas, desde los efectos sobre la rotación y la participación en el mercado, hasta una productividad o eficiencia mejoradas” (Brattströma, Frishammarb, Pflueger y Richtnérc, 2018, p.65). Sin embargo, la referenciada introducción y aplicación de ideas, procesos, productos y procedimientos nuevos es riesgosa en la medida en que requiere de una financiación económica importante sin tener un éxito asegurado. En ese sentido, Murro (2013) indica que “el riesgo de la empresa reduce la tendencia a innovar para las empresas. El principal canal a través del cual el riesgo de las empresas afecta la capacidad de innovación parece ser el de la financiación de la innovación” (p.293). Por tanto, se considera que un mayor riesgo de financiamiento conlleva un menor nivel de innovación.

La relación contraria entre riesgo e innovación que plantea Murro en el plano microeconómico es extrapolable al plano macroeconómico y ello es precisamente lo que hacen Hoti y McAleer (2006). Estos últimos indican que una de las mayores preocupaciones de los países menos desarrollados, como Colombia, es “atraer inversiones extranjeras para promover el crecimiento económico y la innovación” (Hoti y McAleer, 2006, p.692). Dado que la inversión extranjera aumenta en la medida en que disminuya el riesgo de invertir, las naciones se esfuerzan por bajar sus índices de riesgo país. Tras establecerse un riesgo país más bajo, la innovación crece, lo cual “conduce a un progreso del conocimiento tecnológico, que a su vez afecta la tasa de crecimiento de una economía a largo plazo” (como se cita en Murro, 2013, p.293). Entonces, a nivel macroeconómico, se da una interacción en que, a menor (mayor) riesgo país, mayor (menor) nivel de innovación, y, a mayor (menor) nivel de innovación, menor (mayor) riesgo país.

En otras palabras, un riesgo país bajo estimula la inversión extranjera e impulsa el nivel de innovación y un mayor nivel de innovación hace más atractivo a un país, lo cual se traduce en un riesgo país menor. Por tanto, se establece un círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo que, por un lado, contempla a la inversión como un simple intermediario entre riesgo e innovación, pues el riesgo impulsa a la innovación a través del aumento de la inversión, y que, por el otro, hace pertinente la investigación

encaminada a explorar la relación entre riesgo país y nivel de innovación. Así, a nivel macroeconómico, se encuentra que riesgo país y nivel de innovación son los dos pilares esenciales en interacción y que la relación entre ellos es la que se debe evaluar, tal como lo hacen Hoti y McAleer (2006) en el estudio más pertinente para el presente ejercicio.

En su pionera investigación, el propósito de Hoti y McAleer (2006) es analizar la relación entre riesgo país e innovación para "[…] los 12 principales países extranjeros que patentan en el mercado estadounidense desde 1975 a 1997, a saber, Australia, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Corea, Holanda, Suecia, Suiza, Taiwán y el Reino Unido" (p.692). De allí, los autores concluyen que los "[…] resultados empíricos mostraron que las calificaciones de riesgo económico, financiero y político han tenido un impacto considerable en las actividades innovadoras de los 12 países" (Hoti y McAleer, 2006, p.714). Sin muchas más investigaciones que se centren puntualmente en esta relación, es destacable, entonces, que no existen estudios para países en desarrollo, por lo que una investigación dedicada a comprobar la conclusión de Hoti y McAleer para el caso colombiano es novedosa.

En resumen, Murro relaciona riesgo e innovación a nivel microeconómico y concluye que dichos elementos tienen una relación inversa en que, a mayor riesgo, menor innovación. Mientras tanto, Hoti y McAleer relacionan riesgo e innovación a nivel macroeconómico al analizar, por primera vez, la interacción entre riesgo país y nivel de innovación nacional y concluir que el primero tiene considerable impacto sobre el segundo. Sin embargo, la literatura relacionada, ya de por sí escasa, se centra en países desarrollados. Consecuentemente, la teoría presentada, junto a las metodologías ejecutadas por los autores, han de respaldar una investigación pertinente e inédita para el contexto colombiano.

Diseño metodológico

Para relacionar cuantitativamente innovación y riesgo país, se recopilan y organizan valores relacionados a ambas variables para un periodo de tiempo reciente: 2001 a 2018. Se selecciona este periodo porque contiene las cifras más actualizadas, puesto que las de 2019 continúan en consolidación y aún no están publicadas oficialmente. Así, el análisis que desea realizarse se centra en la búsqueda de una correlación entre las cifras a lo largo del tiempo y en los últimos años.

Con respecto al medidor del riesgo país para Colombia, se selecciona el "Emerging Markets Bonds Index" (EMBI+), ofrecido por JP Morgan Chase y previamente referenciado en el marco teórico. La elección del EMBI+ se justifica en que este refleja la estabilidad económica, política y financiera principalmente de países emergentes, por lo que es más idóneo para el caso colombiano que otros índices más globales. Para la presente investigación, se toma el último valor registrado del EMBI+ en cada año del periodo 2001-2018, tal como se observa en la tabla 1:

Tabla 1: Cifras EMBI+ 2001-2018.

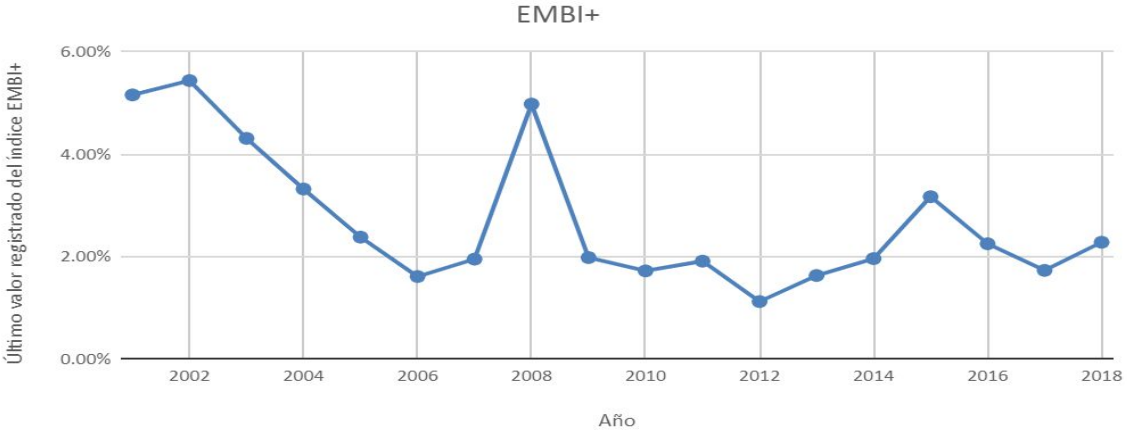
Año	Último valor registrado del índice EMBI+
2001	5.16%
2002	5.44%
2003	4.31%
2004	3.32%
2005	2.38%
2006	1.61%
2007	1.95%
2008	4.98%
2009	1.98%

2010	1.72%
2011	1.91%
2012	1.12%
2013	1.63%
2014	1.96%
2015	3.17%
2016	2.25%
2017	1.73%
2018	2.28%

Realización propia con cifras obtenidas del portal web de JP Morgan Chase.

Comúnmente, los valores del EMBI+ se expresan en puntos básicos, de tal forma que 100 puntos básicos equivalen a 1% de más en la tasa de interés de los bonos colombianos con respecto a los bonos estadounidenses. Así, por ejemplo, para el 31 de diciembre de 2010, el valor del EMBI+ es de 172 puntos básicos, es decir, los bonos colombianos emitidos en dólares ofrecen una tasa de interés o tasa de rendimiento de 1,72 puntos porcentuales (1,72%) por encima de la tasa de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos, catalogados como los bonos gubernamentales libres de riesgo. La figura 1 refleja el comportamiento del indicador a lo largo del tiempo:

Figura 1: Comportamiento EMBI+ 2001-2018.



Realización propia con cifras obtenidas del portal web de JP Morgan Chase.

Ahora, con respecto al medidor del nivel de innovación para Colombia, se selecciona la cifra de patentes registradas en el territorio, previamente referenciada en el marco teórico. Para la presente investigación, se toma el número total de patentes concedidas, incluyendo las de invención y las de modelo de utilidad y las otorgadas a residentes y no residentes, para cada año del periodo 2001-2018, tal como se observa en la tabla 2:

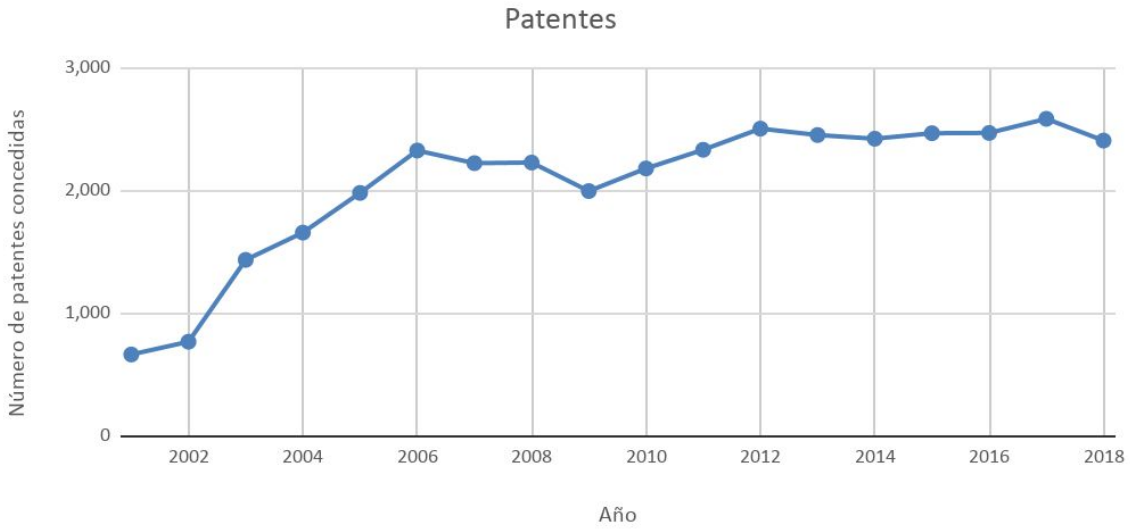
Tabla 2: Cifras patentes concedidas 2001-2018.

Año	Número de patentes concedidas
2001	670
2002	774
2003	1,440
2004	1,662
2005	1,985
2006	2,330
2007	2,227
2008	2,232
2009	2,000
2010	2,184
2011	2,336
2012	2,508
2013	2,456
2014	2,426
2015	2,471
2016	2,473
2017	2,588
2018	2,411

Realización propia con cifras obtenidas del portal web de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

La figura 2 refleja el comportamiento de los números a lo largo del tiempo:

Figura 2: Comportamiento patentes 2001-2018.



Realización propia con cifras obtenidas del portal web de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

Ampliando la información sobre patentes en el contexto colombiano, se muestra, a continuación, la distribución nominal y porcentual de patentes concedidas en cuanto al tipo de solicitante y la vía de presentación. El tipo de solicitante hace referencia a si el peticionario de la patente es residente o no residente en el país, es decir, a si la entidad, empresa o persona natural que solicita la patente en territorio colombiano es nacional o extranjera. En ese sentido, la distribución se observa en la tabla 3:

Tabla 3: Distribución de patentes concedidas 2001-2018 por tipo de solicitantes.

Año	Patentes concedidas			
	A residentes	%	A no residentes	%
2001	233	34.8%	437	65.2%
2002	256	33.1%	518	66.9%
2003	247	17.2%	1,193	82.8%
2004	230	13.8%	1,432	86.2%
2005	318	16.0%	1,667	84.0%
2006	396	17.0%	1,934	83.0%
2007	297	13.3%	1,930	86.7%
2008	311	13.9%	1,921	86.1%
2009	327	16.4%	1,673	83.7%

2010	298	13.6%	1,886	86.4%
2011	420	18.0%	1,916	82.0%
2012	466	18.6%	2,042	81.4%
2013	481	19.6%	1,975	80.4%
2014	451	18.6%	1,975	81.4%
2015	515	20.8%	1,956	79.2%
2016	793	32.1%	1,680	67.9%
2017	786	30.4%	1,802	69.6%
2018	581	24.1%	1,830	75.9%

Realización propia con cifras obtenidas del portal web de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

Mientras tanto, la vía de presentación hace referencia a si la patente es solicitada para ser evaluada y potencialmente concedida sólo en el contexto nacional o si es solicitada para ser evaluada y potencialmente concedida en todos los países miembros del PCT (Patent Cooperation Treaty). En otras palabras, la presentación vía nacional permite que, en caso de ser concedida, la patente sea válida y reconocida solo en Colombia, mientras que la presentación vía PCT permite que, en caso de ser concedida, la patente sea válida y reconocida en todos los países adscritos al PCT, entre los que se encuentra, por supuesto, Colombia. En ese sentido, la distribución se observa en la tabla 4:

Tabla 4: Distribución de patentes concedidas 2001-2018 por vía de presentación.

Año	Patentes concedidas			
	Nacional	%	PCT	%
2001	667	99.6%	3	0.4%
2002	428	55.3%	346	44.7%
2003	379	26.3%	1,061	73.7%
2004	358	21.5%	1,304	78.5%
2005	424	21.4%	1,561	78.6%
2006	506	21.7%	1,824	78.3%
2007	408	18.3%	1,819	81.7%
2008	417	18.7%	1,815	81.3%
2009	402	20.1%	1,598	79.9%
2010	393	18.0%	1,791	82.0%
2011	495	21.2%	1,841	78.8%
2012	576	23.0%	1,932	77.0%
2013	590	24.0%	1,866	76.0%
2014	538	22.2%	1,888	77.8%

2015	596	24.1%	1,875	75.9%
2016	883	35.7%	1,590	64.3%
2017	887	34.3%	1,701	65.7%
2018	699	29.0%	1,712	71.0%

Realización propia con cifras obtenidas del portal web de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

Otro medidor interesante del nivel de innovación colombiano son las cifras de inversión en ACTI (Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación), ya sea por parte del gobierno nacional o de la empresa privada. Esta inversión indica qué tanto dinero se destina para el desarrollo de proyectos de innovación año tras año. La inclusión de este medidor menos ortodoxo se efectúa para tener un comparativo con respecto a un cuantificador altamente respaldado como el número de patentes. Para la presente investigación, se toma la inversión en ACTI para cada año del periodo 2002-2018, tal como se observa en la tabla 5:

Tabla 5: Cifras inversión en ACTI (millones de pesos de 2015) 2002-2018.

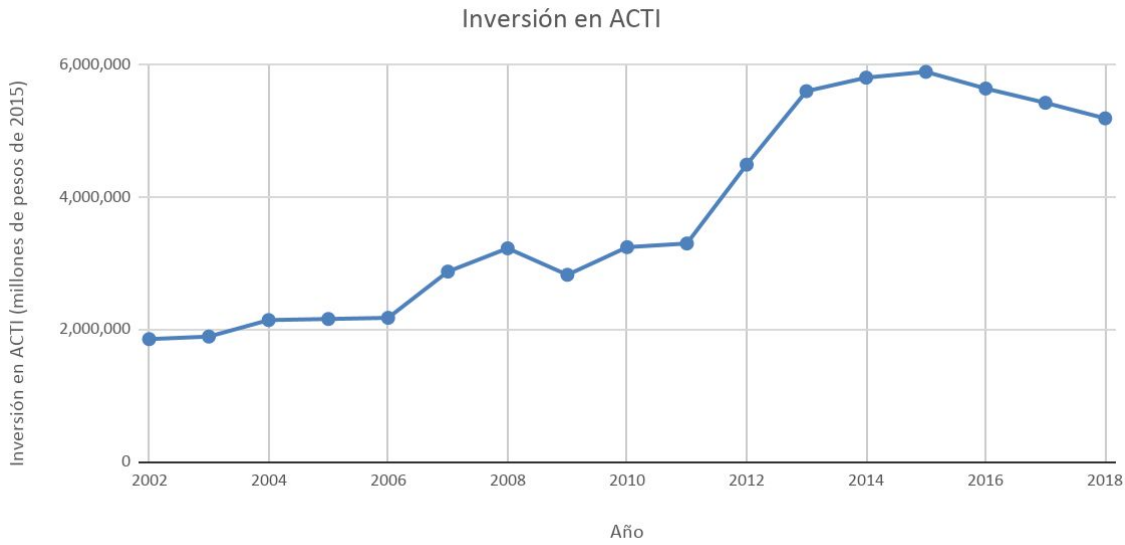
Año	Inversión en ACTI (millones de pesos de 2015)
2002	1,865,265
2003	1,903,752
2004	2,152,562
2005	2,169,336
2006	2,186,581
2007	2,884,740
2008	3,235,992
2009	2,835,853
2010	3,253,156
2011	3,308,597
2012	4,498,667
2013	5,607,710
2014	5,811,864
2015	5,899,372
2016	5,647,351

2017	5,432,018
2018	5,197,374

Realización propia con cifras obtenidas del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).

La figura 3 refleja el comportamiento del indicador a lo largo del tiempo:

Figura 3: Comportamiento inversión en ACTI 2002-2018.



Realización propia con cifras obtenidas del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).

Teniendo definidas las cifras, un primer resultado de estadística descriptiva son los coeficientes de correlación entre los indicadores, los cuales se obtienen a través de pruebas de correlación de Pearson ejecutadas en el software estadístico RStudio. El código ejecutado en el software se muestra en la figura 4 y en la tabla 6 se sintetizan los principales resultados:

Figura 4: Código ejecutado en RStudio para pruebas de correlación de Pearson entre EMBI+ y patentes y entre EMBI+ e inversión en ACTI.

```
> patente <- c(670,774,1440,1662,1985,2330,2227,2232,2000,2184,2336,2508,2456,2426,2471,2473,2588,2411)
> riesgo <- c(0.052,0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> cor.test(patente,riesgo)

        Pearson's product-moment correlation

data:  patente and riesgo
t = -5.1957, df = 16, p-value = 8.838e-05
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.9192026 -0.5166352
sample estimates:
       cor
-0.7923816

> inversion <- c(1865265,1903752,2152562,2169336,2186581,2884740,3235992,2835853,3253156,3308597,4498667,5607710,5811864,5899372,5647351,5432018,5197374)
> riesgo <- c(0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> cor.test(inversion,riesgo)

        Pearson's product-moment correlation

data:  inversion and riesgo
t = -1.7157, df = 15, p-value = 0.1068
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.74135497  0.09388637
sample estimates:
       cor
-0.4050361
```

Realización propia en el software estadístico RStudio.

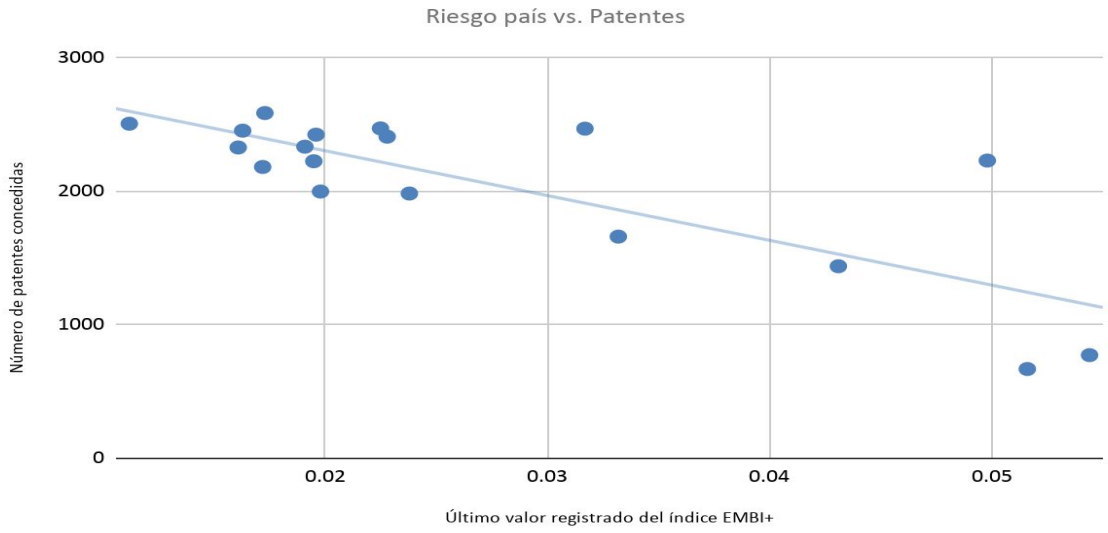
Tabla 6: Coeficientes de correlación entre índice EMBI+, número de patentes concedidas e inversión en ACTI.

	Patentes concedidas			Inversión en ACTI		
	Coeficiente de correlación	Estadístico t	p-valor	Coeficiente de correlación	Estadístico t	p-valor
Índice EMBI+	-0.79	-5.196	8.84×10^{-5}	-0.40	-1.716	0.107

Realización propia con cálculos obtenidos en el software estadístico RStudio.

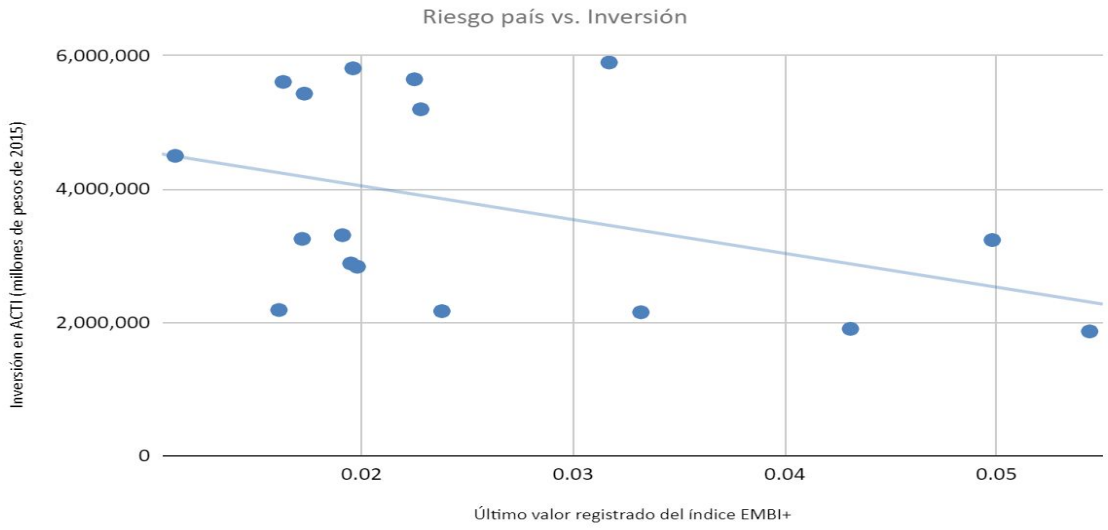
Al ser negativos, los coeficientes de correlación indican una relación inversa entre el índice EMBI+ y los dos cuantificadores del nivel de innovación. Es decir, a medida que el riesgo país sube (baja), el número de patentes concedidas y la inversión en ACTI bajan (suben). Por supuesto, este resultado se alinea con la suposición inicial de la presente investigación. De igual forma, la percepción de una relación inversa se respalda también a nivel gráfico en las figuras 5 y 6:

Figura 5: Correlación entre riesgo país y patentes.



Realización propia con cifras obtenidas del portal web de JP Morgan Chase y la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

Figura 6: Correlación entre riesgo país e inversión.



Realización propia con cifras obtenidas del portal web de JP Morgan Chase y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).

Con respecto a los valores de los coeficientes, el correspondiente a la relación entre el índice EMBI+ y el número de patentes concedidas (0.79) es considerablemente alto, mientras el otro es bajo (0.40). Entonces, por lo menos preliminarmente, la relación entre

riesgo país y número de patentes parece más prometedora que aquella entre riesgo país e inversión en ACTI.

La última idea encuentra respaldo en el hecho de que un p-valor de 8.84×10^{-5} inferior al nivel de significancia de 0.05 tiene dos implicaciones: la correlación entre EMBI+ y número de patentes es fuerte y estadísticamente significativa y puede asumirse una correlación lineal entre las variables. Bajo dicha asunción, se define que es útil realizar análisis de regresión lineal entre las variables, tal como lo hacen Hoti y McAleer (2006).

Como punto central del diseño metodológico, se establece el siguiente modelo econométrico para relacionar el número de patentes otorgadas y el EMBI+ a lo largo del tiempo:

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 E_t + \varepsilon_t$$

Donde:

$$P_t : \textit{número de patentes otorgadas en Colombia en el año } t$$

$$E_t : \textit{último valor registrado del EMBI + de Colombia en el año } t$$

$$\varepsilon_t : \textit{término que recoge la perturbación aleatoria del modelo en el año } t$$

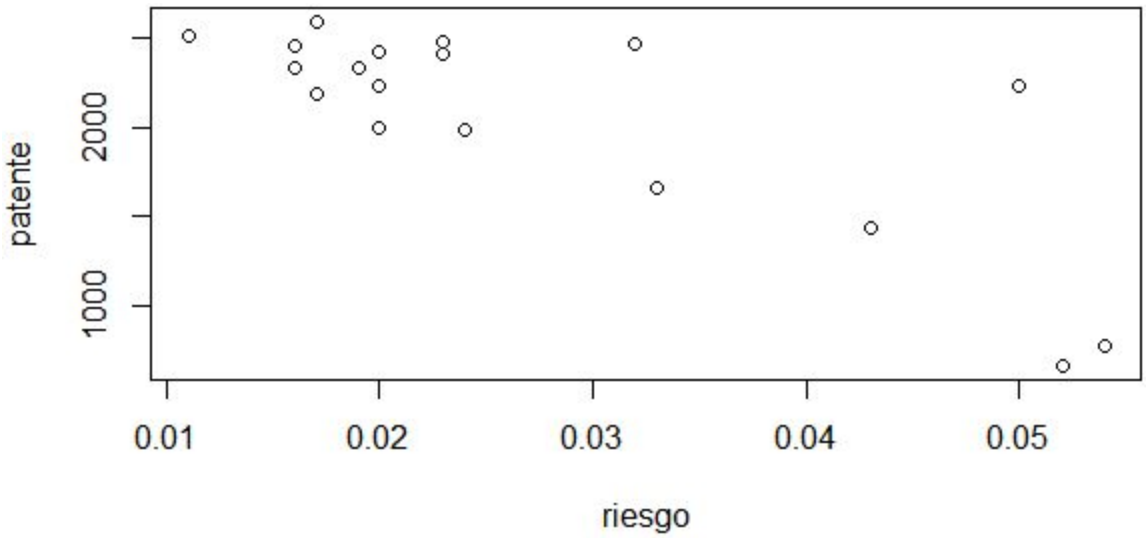
$$t = 1, \ldots, T : \textit{número de observaciones}$$

El anterior modelo está basado en el propuesto por Hoti y McAleer (2006). Siguiendo la práctica de estos autores, se alimenta el modelo propuesto con los datos recopilados y organizados para estimar los valores de β_0 y β_1 a través de una regresión lineal, la cual se ejecuta en el software computacional RStudio. Igualmente, y como consecuencia del mismo proceso, se halla el valor del coeficiente de determinación ajustado o R^2 ajustado, que sintetiza el impacto de la variable independiente (el riesgo país) sobre la variable dependiente (el nivel de innovación).

A nivel computacional, en la figura 7, construida a través del software estadístico RStudio, se observa un diagrama de dispersión de los datos con los que se alimenta al

modelo, y, en la figura 8, se muestra el código ejecutado en el mismo software para construir la regresión lineal referenciada:

Figura 7: Diagrama de dispersión de datos para regresión lineal entre EMBI+ y patentes concedidas.



Realización propia en el software estadístico RStudio.

Figura 8: Código ejecutado en RStudio para regresión lineal entre EMBI+ y patentes concedidas.

```
> patente <- c(670,774,1440,1662,1985,2330,2227,2232,2000,2184,2336,2508,2456,2426,2471,2473,2588,2411)
> riesgo <- c(0.052,0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> fit <- lm(patente ~ riesgo)
> summary(fit)

Call:
lm(formula = patente ~ riesgo)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-567.80 -204.62  -88.83  166.04  927.42 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept)   2974.2      194.5  15.291 5.73e-11 ***
riesgo      -33391.5     6426.7  -5.196 8.84e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 360.6 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6279,	Adjusted R-squared:  0.6046 
F-statistic:    27 on 1 and 16 DF,  p-value: 8.838e-05
```

Realización propia en el software estadístico RStudio.

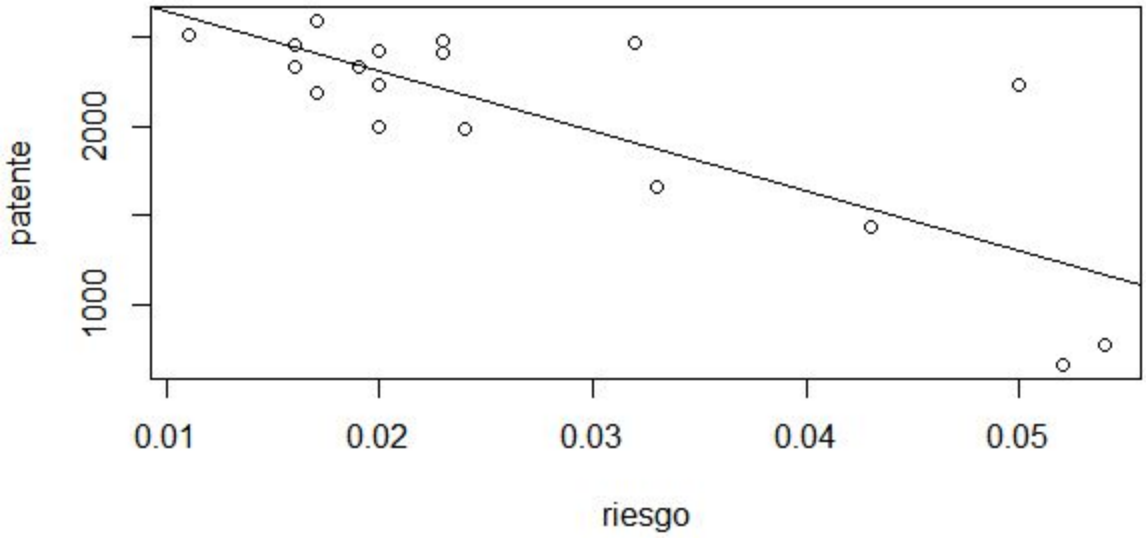
La tabla 7 resume los principales resultados obtenidos y la figura 9 consiste en el diagrama de dispersión de la figura 7 complementado con la recta del modelo de regresión:

Tabla 7: Resultados regresión lineal entre EMBI+ y patentes concedidas.

	Intercepto			Efecto EMBI+			R^2 ajustado
	β_0	Estadístico t	p-valor	β_1	Estadístico t	p-valor	
Patentes concedidas	2974.2	15.291	5.73×10^{-11}	-33391.5	-5.196	8.84×10^{-5}	0.6046

Realización propia con cálculos obtenidos en el software estadístico RStudio.

Figura 9: Diagrama de dispersión de datos con recta de la regresión lineal entre EMBI+ y patentes concedidas.



Realización propia en el software estadístico RStudio.

Igualmente, se establece el siguiente modelo econométrico para relacionar la inversión en ACTI y el EMBI+ a lo largo del tiempo:

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 E_t + \varepsilon_t$$

Donde:

$$I_t : \ \textit{inversión en ACTI en Colombia en millones de pesos de } 2015 \textit{ en el año } t$$

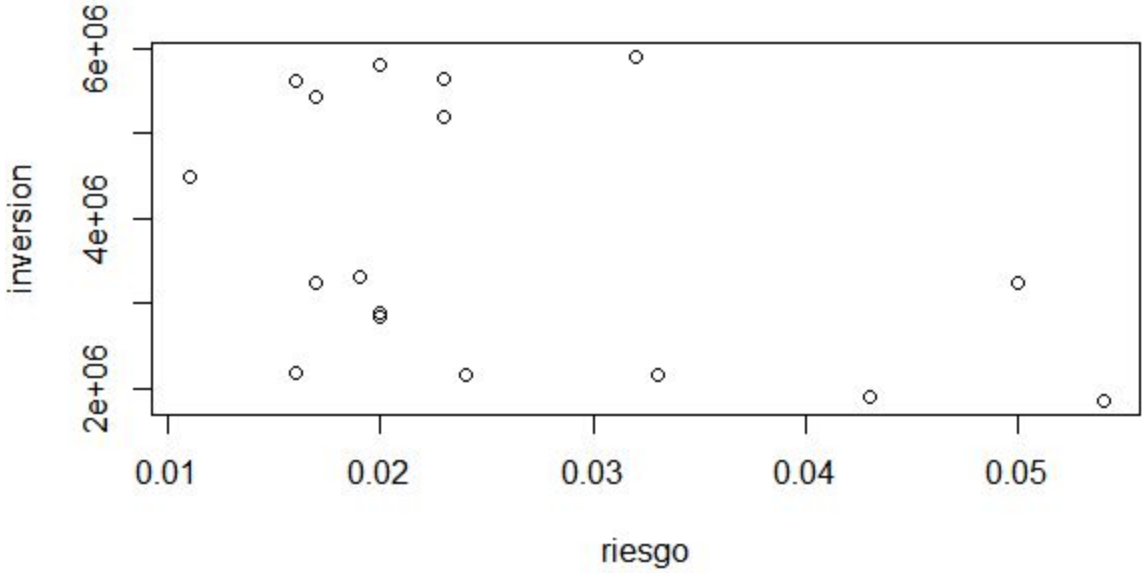
$$E_t : \text{último valor registrado del } EMBI+ \text{ de Colombia en el año } t$$

$$\varepsilon_t : \text{término que recoge la perturbación aleatoria del modelo en el año } t$$

$$t = 1, \ldots, T : \text{número de observaciones}$$

A nivel computacional, en la figura 10, construida a través del software estadístico RStudio, se observa un diagrama de dispersión de los datos con los que se alimenta al modelo, y, en la figura 11, se muestra el código ejecutado en el mismo software para construir la regresión lineal referenciada:

Figura 10: Diagrama de dispersión de datos para regresión lineal entre EMBI+ e inversión en ACTI.



Realización propia en el software estadístico RStudio.

Figura 11: Código ejecutado en RStudio para regresión lineal entre EMBI+ e inversión en ACTI.

```
> inversion <- c(1865265,1903752,2152562,2169336,2186581,2884740,3235992,2835853,3253156,3308597,4498667,5607710,5811864,5899372,5647351,5432018,5197374)
> riesgo <- c(0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> fit <- lm(inversion ~ riesgo)
> summary(fit)

Call:
lm(formula = inversion ~ riesgo)

Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max 
-2060339 -1162000  -479950  1300768  2453170 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept)   5047638     830563   6.077 2.12e-05 ***
riesgo      -50044875   29168181  -1.716    0.107    
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1458000 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1641,	Adjusted R-squared:  0.1083 
F-statistic: 2.944 on 1 and 15 DF,  p-value: 0.1068
```

Realización propia en el software estadístico RStudio.

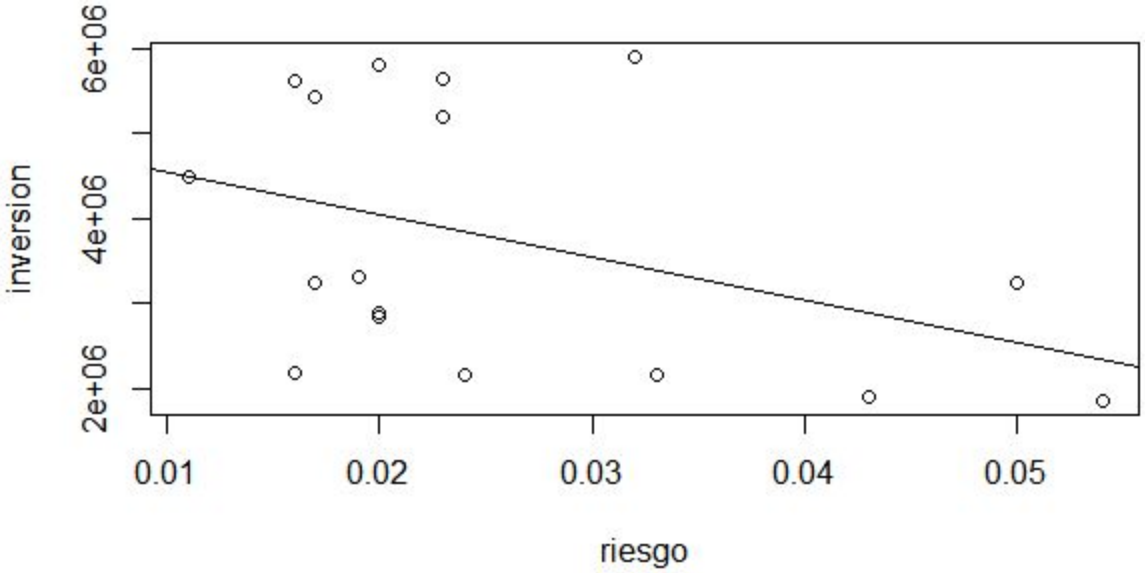
La tabla 8 resume los principales resultados obtenidos y la figura 12 consiste en el diagrama de dispersión de la figura 10 complementado con la recta del modelo de regresión:

Tabla 8: Resultados regresión lineal entre EMBI+ e inversión en ACTI.

	Intercepto			Efecto EMBI+			R^2 ajustado
	β_0	Estadístico t	p-valor	β_1	Estadístico t	p-valor	
Inversión en ACTI	5047638	6.077	2.12×10^{-5}	-50044875	-1.716	0.107	0.1083

Realización propia con cálculos obtenidos en el software estadístico RStudio.

Figura 12: Diagrama de dispersión de datos con recta de la regresión lineal entre EMBI+ e inversión en ACTI.



Realización propia en el software estadístico RStudio.

Análisis de resultados

Para facilitar su análisis, los resultados de las dos regresiones lineales ejecutadas se sintetizan en la tabla 9:

Tabla 9: Resultados regresiones lineales.

Proxy del nivel de innovación	Intercepto			Efecto EMBI+			R^2 ajustado
	β_0	Estadístico t	p-valor	β_1	Estadístico t	p-valor	
Patentes concedidas	2974.2	15.291	5.73×10^{-11}	-33391.5	-5.196	8.84×10^{-5}	0.6046
Inversión en ACTI	5047638	6.077	2.12×10^{-5}	-50044875	-1.716	0.107	0.1083

Realización propia con cálculos realizados con el software estadístico RStudio.

En primera instancia, los signos negativos de los β_1 de ambas regresiones (-33391.5 y -50044875) indican una relación inversa entre los proxys del nivel de innovación y el EMBI+. Es decir, empíricamente, existe una relación en que, a mayor EMBI+ (mayor riesgo país), menor número de patentes concedidas o menor inversión en ACTI (menor nivel de innovación), y, a menor EMBI+ (menor riesgo país), mayor número de patentes concedidas o mayor inversión en ACTI (mayor nivel de innovación).

Cabe anotar que, dado el significado particular del EMBI+ como una sobretasa de interés, un valor alto del índice (es decir, una sobretasa alta y, por tanto, un riesgo país alto) refleja unas condiciones de estabilidad política, económica y financiera desfavorables, y viceversa. Por tanto, la relación establecida entre riesgo país e innovación se extrapola al punto en que, entre peores sean las condiciones de

estabilidad política, económica y financiera de una nación, más alto es su riesgo país y, en consecuencia, más bajo su nivel de innovación, y viceversa.

Ahora, el coeficiente de determinación ajustado o R^2 ajustado es de gran relevancia en la medida en que, para el caso de una regresión lineal, indica el grado de efectividad que tiene una variable independiente en explicar una dependiente. Para el caso de la presente investigación, el R^2 ajustado indica qué tan bien explica el riesgo país (la variable independiente) el comportamiento del nivel de innovación (la variable dependiente). En ese sentido, el valor del coeficiente de determinación ajustado para la relación entre el número de patentes, como aproximación al nivel de innovación, y el riesgo país es considerablemente alto, pues, al ser de 0.605, demuestra una bondad de ajuste del modelo correspondiente bastante atractiva. En ese sentido, Hoti y McAleer (2006) están de acuerdo.

En los resultados de su estudio sobre la relación entre innovación y riesgo país, los referenciados autores expresan que, para 10 de los 12 países analizados, existe un valor del R^2 ajustado de entre 0.556 y 0.933:

> Canadá y Japón tienen los valores de R^2 ajustados más altos de 0.933 que 0.929, respectivamente, seguidos de Taiwán y el Reino Unido, ambos en 0.892, y Corea y Suecia, con 0.806 y 0.802, respectivamente. Los cuatro países restantes son Francia, Países Bajos, Australia e Italia, con valores R^2 ajustados de 0.765, 0.704, 0.641 y 0.556, respectivamente. (Hoti y McAleer, 2006, p.711)

Con respecto a las anteriores cifras, Hoti y McAleer (2006) concluyen que ellas son "generalmente muy altas" (p.711). Por tanto, un valor de 0.605 para el R^2 ajustado obtenido en el presente documento se encuentra en el rango de valores altos en la literatura relacionada.

Por supuesto, el valor de 0.1083 del R^2 ajustado para la relación entre la inversión en ACTI, como aproximación al nivel de innovación, y el riesgo país es ciertamente bajo. De nuevo, Hoti y McAleer (2006) justifican esta aseveración, pues, ante el caso de "Alemania y Suiza, con valores R^2 ajustados de 0.033 y 0.249, respectivamente" (p.711), los

autores indican que estos dos países son la excepción frente a un panorama en que “los valores de R^2 ajustados son generalmente muy altos” (p.711). Así, el valor de 0.1083, que se encuentra en el intervalo de 0.033 y 0.249, determina una bondad de ajuste del modelo correspondiente poco atractiva.

Finalmente, los valores de los R^2 ajustados están en concordancia con los resultados mostrados en la tabla de coeficientes de correlación (tabla 6). Así, no solo se identifica una fuerte correlación entre el número de patentes y el EMBI+, sino que también se observa que el comportamiento del riesgo país tiene un impacto o efecto considerable sobre el comportamiento del nivel de innovación. Precisamente, esta última es la conclusión a la que llegan Hoti y McAleer (2006) en su estudio: “las calificaciones de riesgo económico, financiero y político tienen un impacto considerable en las actividades innovadoras de los 12 países” (p.713).

Las conclusiones derivadas del análisis de los R^2 ajustados coinciden con lo expresado por parte de los p-valores de los efectos del EMBI+ (los p-valores de los β_1). Cabe recordar que el p-valor es la probabilidad de obtener el estadístico t correspondiente dada la hipótesis nula $H_o : \beta_1 = 0$. Para la regresión con patentes, el p-valor de la variable explicativa (8.84×10^{-5}) es menor al nivel de significancia de 0.05 y, de hecho, es muy próximo a cero, por lo que el parámetro es estadísticamente significativo y se rechaza la hipótesis nula. Por el contrario, para la regresión con inversión en ACTI, el p-valor de la variable independiente (0.107) es mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo que el parámetro no es estadísticamente significativo.

Otro resultado estadístico útil para la presente discusión es el del Análisis de Varianza (ANOVA), que, tal como su nombre lo indica, evalúa la variabilidad del modelo de regresión y, en cierta forma, su bondad de ajuste. En la figura 13, se muestra el código ejecutado en el software estadístico RStudio para implementar el ANOVA a ambas regresiones lineales y, en la tabla 10, se muestran los principales resultados:

Figura 13: Código ejecutado en RStudio para Análisis de Varianza (ANOVA).

```
> patente <- c(670,774,1440,1662,1985,2330,2227,2232,2000,2184,2336,2508,2456,2426,2471,2473,2588,2411)
> riesgo <- c(0.052,0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> fit <- lm(patente ~ riesgo)
> anova(fit)
Analysis of Variance Table

Response: patente
          Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
riesgo     1 3511243 3511243  26.996 8.838e-05 ***
Residuals 16 2081078  130067
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> inversion <- c(1865265,1903752,2152562,2169336,2186581,2884740,3235992,2835853,3253156,3308597,4498667,5607710,5811864,5899372,5647351,5432018,5197374)
> riesgo <- c(0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> fit2 <- lm(inversion ~ riesgo)
> anova(fit2)
Analysis of Variance Table

Response: inversion
          Df     Sum Sq    Mean Sq F value Pr(>F)
riesgo     1 6.2589e+12 6.2589e+12  2.9437 0.1068
Residuals 15 3.1892e+13 2.1262e+12
```

Realización propia en el software estadístico RStudio.

Tabla 10: Resultados Análisis de Varianza (ANOVA)

Proxy del nivel de innovación	EMBI+				
	SCT	SCF	SCE	Estadístico F	p-valor
Patentes concedidas	5592321	3511243	2081078	26.996	8.84×10^{-5}
Inversión en ACTI	3.815×10^{13}	6.259×10^{12}	3.189×10^{13}	2.944	0.107

Realización propia con cálculos realizados con el software estadístico RStudio.

Para interpretar la tabla 10, es clave recordar que la variabilidad del modelo está conformada por dos partes. La variación total se denomina SCT (Suma de Cuadrados Total) y es igual a la suma de la variación explicada por el modelo, denominada SCF (Suma de Cuadrados del Factor), y la variación no explicada por el modelo, denominada SCE (Suma de Cuadrados del Error). En otras palabras, se da que SCT=SCF+SCE.

Para el modelo de regresión entre riesgo país y patentes, el SCF (3511243) es mayor al SCE (2081078), por lo que la variabilidad explicada por el modelo es mayor a la no explicada. Mientras tanto, para el modelo de regresión entre riesgo país e inversión en ACTI, el SCF (6.259×10^{12}) es menor al SCE (3.189×10^{13}), por lo que la variabilidad no explicada por el modelo es mayor a aquella explicada.

Por otro lado, un estadístico F mayor a 1 es indicativo de una bondad de ajuste alta y, sobre todo, de una capacidad predictiva estadísticamente significativa para un modelo. Con un estadístico F de 26.996 y un p-valor de 8.84×10^{-5}, que es inferior al nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula $H_o : F = 1$ y se determina que el modelo de regresión lineal que relaciona a riesgo país y patentes tiene una capacidad predictiva significativa. En contraste, con un estadístico F de 2.944 y un p-valor de 0.107, que es superior al nivel de significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula $H_o : F = 1$ y no se puede asegurar que el modelo de regresión lineal que relaciona a riesgo país e inversión en ACTI tenga una capacidad predictiva significativa. Así, los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) indican, de nuevo, que la bondad de ajuste del modelo con el número de patentes como cuantificador del nivel de innovación es notablemente mayor que aquella del modelo con la inversión en ACTI.

En síntesis, la relación entre riesgo país e innovación es estadísticamente mucho más significativa cuando el proxy de esta última es el número de patentes que cuando lo es la inversión en ACTI. Este hecho no es de extrañar, pues se articula con una impresión extendida y de vieja data en la literatura:

> el volumen de patentes nacionales [...] es una buena medida proxy para el volumen de actividades innovadoras y puede ayudarnos a comprender mejor la relación entre los patrones internacionales de actividades innovadoras, por un lado, y los de comercio y producción, por el otro [...] las estadísticas de patentes desglosadas por clase de patente pueden ayudar a evaluar y explicar los patrones de fuerza y debilidad tecnológica relativa de empresas y países. (Pavitt, 1988, p.528)

Así, se confirma lo ya referenciado en el presente escrito: el número de patentes es el proxy del nivel de innovación más utilizado, difundido y respaldado en la literatura relacionada. Por ende, el hecho de que este se relacione fuertemente con el riesgo país respalda los resultados de la investigación de manera más óptima que si la relación más fuerte fuera con otros indicadores, como la inversión en ACTI.

Como último resultado estadístico útil para la discusión, se analiza la normalidad de residuos de las regresiones. Para ello, se estandarizan los residuos del modelo y se hace uso del test de Shapiro-Wilk para contrastar su normalidad. Dicho test es ideal para

muestras pequeñas menores a 50 datos, como la de la presente investigación. Por supuesto, los procedimientos referenciados se llevan a cabo en el software estadístico RStudio, por lo que el código ejecutado se muestra en la figura 14 y los resultados más importantes se resumen en la tabla 11:

Figura 14: Código ejecutado en RStudio para test de Shapiro-Wilk.

```
> patente <- c(670,774,1440,1662,1985,2330,2227,2232,2000,2184,2336,2508,2456,2426,2471,2473,2588,2411)
> riesgo <- c(0.052,0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> fit <- lm(patente ~ riesgo)
> residuos_estandarizados <- rstandard(fit)
> shapiro.test(residuos_estandarizados)

        Shapiro-Wilk normality test

data:  residuos_estandarizados
W = 0.92674, p-value = 0.1701

> inversion <- c(1865265,1903752,2152562,2169336,2186581,2884740,3235992,2835853,3253156,3308597,4498667,5607710,5811864,5899372,5647351,5432018,5197374)
> riesgo <- c(0.054,0.043,0.033,0.024,0.016,0.020,0.050,0.020,0.017,0.019,0.011,0.016,0.020,0.032,0.023,0.017,0.023)
> fit <- lm(inversion ~ riesgo)
> residuos_estandarizados <- rstandard(fit)
> shapiro.test(residuos_estandarizados)

        Shapiro-Wilk normality test

data:  residuos_estandarizados
W = 0.91218, p-value = 0.1089
```

Realización propia en el software estadístico RStudio.

Tabla 11: Resultados test Shapiro-Wilk.

Proxy del nivel de innovación	Test Shapiro-Wilk	
	W	p-valor
Patentes concedidas	0.926	0.170
Inversión en ACTI	0.912	0.109

Realización propia con cálculos realizados con el software estadístico RStudio.

Para ambos modelos de regresión, los p-valores son mayores a 0.05 (0.170 para la regresión entre riesgo y patentes y 0.109 para la regresión entre riesgo e inversión en ACTI). Por ende, no es posible rechazar la hipótesis nula de normalidad y se supone normalidad de los residuos para ambas regresiones.

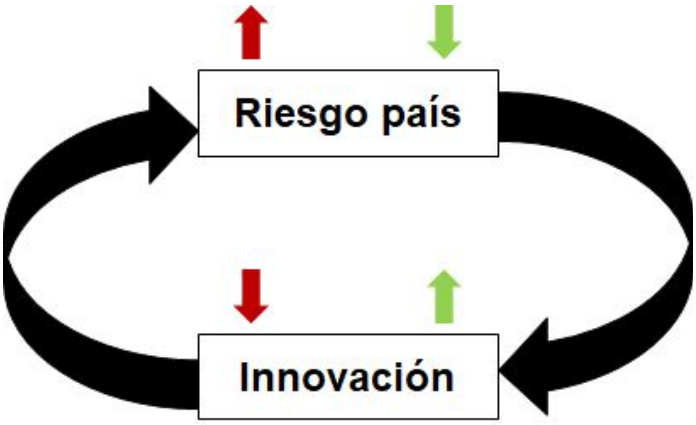
En definitiva, los resultados de la presente investigación indican que existe una incidencia fuerte del riesgo país sobre el nivel de innovación en Colombia en la medida en que las cifras del EMBI+ tienen un impacto considerable sobre el número de patentes registradas en el territorio. Dichos resultados se articulan con los de otras investigaciones en la

literatura relacionada y, sobre todo, con los de la investigación de Hoti y McAleer (2006), que es la más pertinente para el presente documento.

Recomendación de política

Tal como se ha establecido en el presente documento, el círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo hace referencia a la tendencia en que, dado un riesgo país bajo, este implica un nivel de innovación alto, y, a su vez, un nivel de innovación alto implica un riesgo país bajo. Por supuesto, la misma relación implica que, dado un riesgo país alto, este implica un nivel de innovación bajo y, a su vez, un nivel de innovación bajo implica un riesgo país alto. La figura 15 esquematiza ese comportamiento:

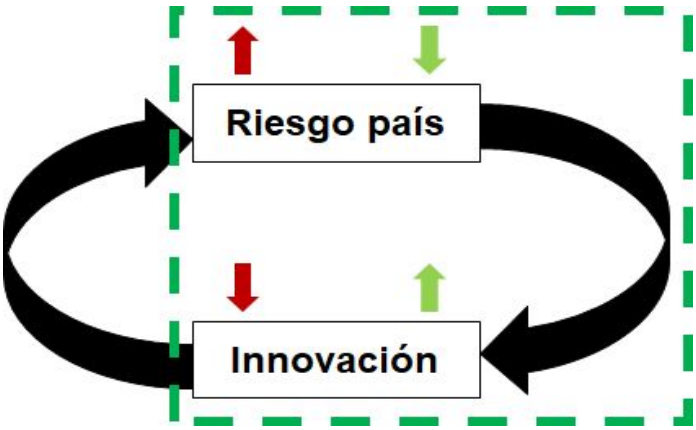
Figura 15: Círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo.



Realización propia.

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que, para el caso de Colombia, el riesgo país tiene un impacto considerable sobre el nivel de innovación, por lo que se termina cumpliendo la primera parte del círculo, tal como se esquematiza en la figura 16:

Figura 16: Círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo.



Realización propia.

Con base en lo anterior, se establece una recomendación de política general: es imperativo mantener un riesgo país bajo para mantener un nivel de innovación alto. Ahora, aunque la demostración del cumplimiento de la segunda parte del círculo amerita su propia investigación, la presunción de existencia de dicho círculo en Colombia complementa la recomendación: se debe buscar un nivel de innovación alto porque este implica, a su vez, un riesgo país bajo, el cual tiene una influencia deseable sobre la generalidad de los asuntos financieros nacionales. En otras palabras, la política pública debe diseñarse bajo la premisa de que el mantenimiento de un riesgo país bajo es rentable, entre otras, vía innovación.

En el mismo sentido, el mantenimiento de un riesgo país que impacte positivamente en la innovación es esencial en la medida en que dicha innovación es, a su vez, clave para el crecimiento económico, tal como ya se ha expuesto en el presente documento a través de los planteamientos de Romer. Ampliando dichos planteamientos, el autor hace hincapié en la producción y aprovechamiento de las ideas, consideradas como bienes económicos a través de herramientas como, por ejemplo, las patentes (Romer, 1992), al indicar que, en

> un mundo con límites físicos, son los descubrimientos de grandes ideas (por ejemplo, cómo hacer superconductores de alta temperatura), junto con el descubrimiento de millones de ideas pequeñas (mejores formas de coser una camisa), lo que hace posible el crecimiento económico persistente. Las ideas son las instrucciones que nos permiten

> combinar recursos físicos en arreglos que son cada vez más valiosos. (Romer, 1992, p.64)

Consecuentemente, Romer considera que el mercado de las ideas es relevante para países en desarrollo como Colombia, pues

> los países industriales poseen un stock de ideas que podrían generar grandes aumentos en el nivel de vida si se usaran en todo el mundo. Además, dado que el uso de una idea por una persona no limita su uso por otra, las grandes ganancias potenciales disponibles para los países en desarrollo no necesariamente tienen que ser a expensas de países industriales. (Romer, 1992, p.65)

Así, la literatura relacionada, en la que se enmarca, por supuesto, Romer, realza las virtudes de la innovación en lo concerniente al crecimiento económico y aboga por crear un ambiente propicio para su desarrollo. Acorde a la recomendación de política general, dicho ambiente se obtiene a través del mantenimiento de un riesgo país bajo.

Ahora, bajo la recomendación de política general referenciada, se desarrolla, a continuación, una recomendación de política específica. Esta última se centra en obtener un riesgo país saludable, tal como lo sugiere la literatura relacionada: “los países de bajos ingresos deberían hacer todo lo posible para reducir los riesgos de sus países (es decir, los riesgos económicos, financieros y políticos) para aliviar el fenómeno de la desigualdad de ingresos” (Chiu y Lee, 2019, p.11).

En una de sus acepciones más populares, el riesgo país es definido como un “indicador de la probabilidad de que un prestatario soberano incumpla sus deudas” (Cosset y Roy, 1991, p.135). Consecuentemente, los constructores de los indicadores de riesgo país tienen en cuenta “el registro de pago y las dificultades de reprogramación” (Cosset y Roy, 1991, p.136) de una nación a lo largo de su historia y los relacionan con la propensión a invertir, pues “el incentivo de incumplimiento es una función decreciente de la propensión a invertir dado que el costo de la mora (por ejemplo, un embargo sobre préstamos futuros o un costo más alto de crédito futuro) aumenta con la producción futura” (Cosset y Roy, 1991, p.137). Por tanto, para tener un riesgo país saludable, es esencial que un país

obtenga una reputación de buen pagador, es decir, de país que cumple con sus obligaciones financieras, sobre todo en momentos difíciles para la economía global.

Precisamente, Colombia es considerado como un buen pagador porque “fue el único país de la región [latinoamericana] que no cesó en sus pagos” (Cárdenas, 2003) en medio del “rápido crecimiento de la deuda internacional de las naciones en desarrollo en la década de 1970 y el creciente número de reprogramaciones de deuda a principios 1980” (Cosset y Roy, 1991, p.135). Así, se establece la recomendación de política específica: es imperativo mantener el estatus de buen pagador de Colombia para obtener un riesgo país bajo. En otras palabras, la política pública debe diseñarse bajo la premisa de que el mantenimiento del estatus de buen pagador del país le asegura, en cierta medida, un riesgo país bajo.

Centrándose ahora en la innovación colombiana, existen otras herramientas más convencionales, diferentes al riesgo país, para incentivar la innovación a nivel empresarial. Una de las más importantes y populares son los beneficios tributarios. Alrededor de ellos, se desarrolla, a continuación, una recomendación de política específica enfocada en aumentar el nivel de innovación nacional.

En primer lugar, es clave comprender, tal como se ha referenciado en el marco teórico, que la innovación no se desarrolla en un plano excluido del mercado, sino que, por el contrario, “los incentivos del mercado juegan un papel esencial en el proceso mediante el cual el nuevo conocimiento se traduce en bienes con valor práctico” (Romer, 1990, p.72). La experiencia indica que la innovación se desarrolla en un contexto de incentivos entregados y recibidos por entes públicos y privados. En dicho contexto, se desarrollan situaciones tales como que, por ejemplo, “nuestra comprensión inicial del electromagnetismo surgió de la investigación realizada en instituciones académicas [con apoyo público], pero la cinta magnética y las grabadoras de vídeo caseras resultaron de intentos de empresas privadas de obtener ganancias” (Romer, 1990, p.72).

Articulandose con lo anterior, la literatura relacionada indica que “el apoyo público a las actividades relacionadas con la innovación se ha justificado de varias maneras. [...] [Una

de aquellas justificaciones es la de] corregir las fallas del mercado resultantes de la subinversión en actividades de innovación" (Czarnitzki, Hanel y Rosa, 2010, p.217). En ese sentido, algunas fallas de mercado, como "la apropiación imperfecta [que hace que las empresas privadas inviertan] menos en innovación de lo que es 'socialmente deseable'" (Czarnitzki et al., 2010, p.217) o "la brecha entre el retorno privado al innovador y el costo de capital de fuentes externas" (Czarnitzki et al., 2010, p.217), resaltan la necesidad que tiene el gobierno de

> proporcionar incentivos a las empresas privadas para compensar la brecha entre los rendimientos privados y sociales del gasto en innovación (en particular en I+D) y garantizar el esfuerzo socialmente óptimo de investigación y desarrollo por parte del sector privado. (Czarnitzki et al., 2010, p.217)

En cuanto a los incentivos gubernamentales a la innovación, los beneficios tributarios tienen un papel preponderante en la medida en que al ser

> medidas fiscales indirectas [...] se consideran una forma neutral de estímulo a la I+D y todas las empresas que incurran en gastos elegibles de I+D, independientemente de la industria, el tamaño y el objetivo de la actividad de innovación, pueden reclamarlos. (Czarnitzki et al., 2010, p.218)

En la misma línea, "la atracción más importante de los créditos fiscales para los encargados de formular políticas es que su administración no implica decisiones arbitrarias con respecto a la distribución del apoyo de I+D entre sectores, regiones, industrias o empresas" (Czarnitzki et al., 2010, p.218). Precisamente, esta modalidad de incentivo es muy popular en Colombia.

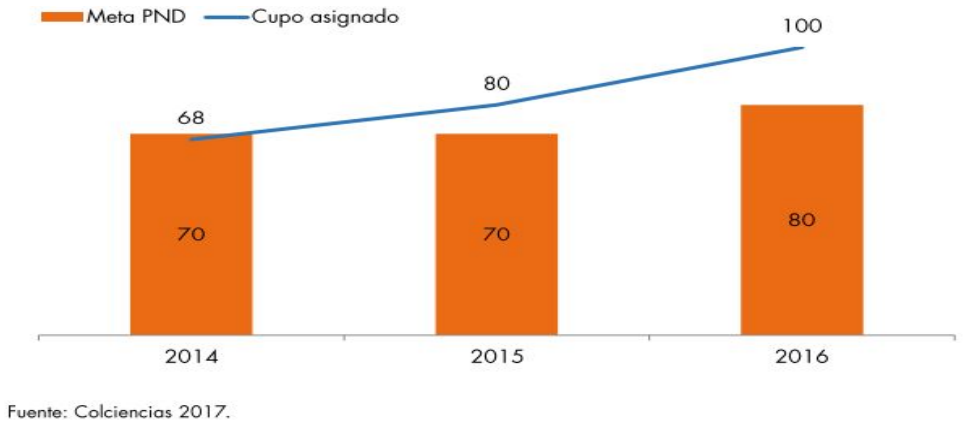
Minciencias, gestor del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), concuerda con la literatura relacionada en la medida en que indica que

> las deducciones tributarias para la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) son instrumentos de intervención indirecta usados por los Gobiernos para promover la inversión privada en actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación empresarial. Gracias a la renuncia fiscal que realiza el Estado, disminuyen los costos asociados a esas actividades, facilitando que el sector productivo se involucre en su ejecución. (Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), 2015, p.3)

Para el caso colombiano, los beneficios tributarios actuales, regidos por la Ley 1819 de 2016, son de dos tipos: descuento tributario y exención de impuestos. El primero consiste en “una deducción a la renta bruta del 100% de la inversión y un descuento al impuesto de renta del 25% del valor invertido” (CONPES, 2017, p.8). Mientras tanto, las exenciones de impuestos hacen referencia a “Exenciones de IVA, Ingresos No Constitutivos de Renta y/o Ganancia Ocasional y Renta Exenta por Nuevo Software” (Minciencias, 2020).

En cuanto a resultados, los beneficios tributarios han demostrado ser atractivos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, “el cupo anual aprobado por el CNBT [Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación] durante el periodo 2014 a 2016 fue de 500000 millones de pesos por año” (CONPES, 2017, p.12) y en 2015 y 2016 el cupo asignado supera la meta presupuestada, tal como se observa en la figura 17:

Figura 17: Porcentaje de asignación de cupo de beneficios tributarios.



Colciencias.

Por tanto, en 2016, “por primera vez se alcanzó una asignación del 100% del cupo disponible, superando la meta propuesta del 80% para ese mismo año” (CONPES, 2017, p.12).

Las anteriores cifras son aún más interesantes en la medida en que los beneficios tributarios de 2014, 2015 y 2016, regidos por la Ley 1739 de 2014, son menos atractivos que aquellos posteriores a 2016, regidos por la Ley 1819 de 2016. Frente a su antecesora, esta última Ley modifica

> el porcentaje de deducción sobre la inversión en CTI, pasando de 175% a 100% [...] [añade] un descuento sobre el impuesto de renta con un límite de 25% [...] [cambia] los porcentajes máximos que se pueden aplicar, las opciones para hacer efectivo el beneficio en el tiempo [...] [amplía] los tipos de actores que pueden participar de los beneficios y [...] [elimina] el Impuesto sobre la Renta para la Equidad (CREE) y sus sobretasas. (CONPES, 2017, p.17)

Estas modificaciones generan una mejora a partir de la "eliminación del CREE y sus sobretasas, y el límite del descuento establecido sobre el impuesto que se debe pagar y no sobre la renta líquida" (CONPES, 2017, p.18).

Teniendo en cuenta la mejora presentada por la Ley 1819 de 2016, es de esperarse que la asignación del cupo de beneficios se mantenga en el 100% o, por lo menos, en niveles altos para periodos venideros. De cualquier forma, las estadísticas muestran una respuesta positiva de las empresas colombianas a los beneficios tributarios.

Con base en lo anterior, la ampliación de los beneficios tributarios en monto y número de beneficiarios parece ser el mejor camino para corregir las fallas de mercado relacionadas a la inversión privada en innovación. Sin embargo, dicho camino debe complementarse con mayor control y verificación sobre las actividades innovadoras, de tal forma que las empresas que se acojan a los beneficios demuestren su aprovechamiento con desarrollos reales. Así, se establece la recomendación de política específica: es imperativo mantener y, en la medida de lo posible, ampliar los beneficios tributarios a la innovación empresarial para aumentar paulatinamente su nivel. En otras palabras, la política pública debe diseñarse bajo la premisa de que los beneficios tributarios son atractivos para las empresas y aumentarlos en monto, número de beneficiarios y controles asegura, en gran medida, un nivel de innovación nacional alto.

En definitiva, la presente investigación permite establecer una recomendación de política general consistente en mantener un riesgo país bajo para mantener un nivel de innovación alto. De allí, se desprenden dos recomendaciones de política específicas: mantener el estatus de buen pagador de Colombia para obtener un riesgo país bajo y

mantener y, si es posible, ampliar los beneficios tributarios a la innovación para aumentar paulatinamente su nivel.

Conclusiones

La innovación de un país se desarrolla en medio de sus condiciones de estabilidad política, económica y financiera, las cuales se cuantifican en su calificación de riesgo país. De allí, se vislumbra una relación entre riesgo país y nivel de innovación a la expectativa de ser estudiada. En ese sentido, la bibliografía es reducida y se centra en las naciones líderes en innovación, por lo que no existen estudios enfocados en países emergentes y, mucho menos, en Colombia.

Bajo las ideas generalizadas en la literatura relacionada de que riesgo e innovación tienen una relación inversa y de que el riesgo país tiene un impacto importante sobre el nivel de innovación, el presente estudio analiza la relación entre el riesgo país de Colombia, medido a través del "Emerging Markets Bonds Index" (EMBI+), y su nivel de innovación, aproximado mediante las cifras de número de patentes o inversión en ACTI (Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación), entre 2001 y 2018 y a través de análisis econométricos de regresión lineal ejecutados en el software estadístico RStudio.

Como un primer resultado de estadística descriptiva, se obtiene un coeficiente de correlación de -0.79 entre las cifras de EMBI+ y número de patentes y de -0.40 entre las cifras de EMBI+ e inversión en ACTI. Dado que el coeficiente correspondiente a la primera relación es considerablemente alto y el otro bajo, la relación entre riesgo país y número de patentes es más prometedora que aquella entre riesgo país e inversión en ACTI. Igualmente, como ambos coeficientes son negativos, se supone, en primera instancia, una relación inversa entre las partes.

Para evaluar el impacto del riesgo país sobre el nivel de innovación, se ejecutan dos regresiones lineales: una relacionando EMBI+ y número de patentes y la otra

relacionando EMBI+ e inversión en ACTI. Los resultados de dichas regresiones arrojan un β_1 de -33391.5 y uno de -50044875, respectivamente, y, dado que ambos son negativos, se confirma la relación inversa entre riesgo país y nivel de innovación para el caso colombiano. Es decir, se confirma que, a mayor EMBI+ (mayor riesgo país), menor número de patentes concedidas o menor inversión en ACTI (menor nivel de innovación), y, a menor EMBI+ (menor riesgo país), mayor número de patentes concedidas o mayor inversión en ACTI (mayor nivel de innovación).

De igual forma, las regresiones lineales indican un coeficiente de determinación ajustado de 0.605 para la relación entre EMBI+ y número de patentes, el cual es considerablemente alto, y un R^2 ajustado de 0.1083 para la relación entre EMBI+ e inversión en ACTI, el cual es bajo. Los resultados anteriores determinan que la relación entre riesgo país e innovación es mucho más fuerte y estadísticamente significativa cuando el proxy de esta última es el número de patentes que cuando lo es la inversión en ACTI. Esta conclusión se articula con la literatura relacionada en la medida en que ella indica que el número de patentes es el proxy del nivel de innovación más utilizado, difundido y respaldado. Por tanto, el hecho de que este proxy se relacione fuertemente con el riesgo país respalda los resultados de la investigación de manera más óptima que si la relación más significativa fuera con otros indicadores, como la inversión en ACTI.

En conclusión, los resultados de la presente investigación indican que existe una incidencia significativa del riesgo país sobre el nivel de innovación en Colombia en la medida en que las cifras del EMBI+ tienen un impacto considerable sobre el número de patentes registradas en el territorio para el periodo 2001-2018. Dicha incidencia presenta un comportamiento inverso en que, a mayor riesgo país, menor nivel de innovación, y, a menor riesgo país, mayor nivel de innovación. Con respecto a la bibliografía relacionada, los resultados coinciden con los de otras investigaciones y, sobre todo, con los de la investigación de Hoti y McAleer (2006), que es la más pertinente para el presente documento.

Ahora, los resultados obtenidos permiten establecer dos tipos de recomendaciones: unas de política y otras para futuras investigaciones. En cuanto a recomendaciones de política, se tiene una general consistente en mantener un riesgo país bajo para mantener un nivel de innovación alto y dos particulares: mantener el estatus de buen pagador de Colombia e incentivar la innovación a nivel empresarial a través del fortalecimiento de beneficios tributarios. Por último, se recomienda, para futuras investigaciones, estudiar ahora el impacto del nivel de innovación sobre el riesgo país, pues, en Colombia, puede existir un círculo virtuoso riesgo-innovación-riesgo consistente en que, dado un riesgo país bajo (alto), este implica un nivel de innovación alto (bajo), y, a su vez, un nivel de innovación alto (bajo) implica un riesgo país bajo (alto). Para el caso nacional, la presente investigación comprueba la existencia de la primera mitad del círculo y se deja a futuras investigaciones la verificación de la otra mitad.

Bibliografía

Aristizábal, A., Montoya, I., y Montoya, L. (2014). Patentes: ¿Son realmente una medida efectiva para la innovación?. *Cuadernos Latinoamericanos De Administración, 10*(18), pp. 57-65. doi: https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v10i18.588.

Bettis, R., Oetzel, J., y Zenner, M. (2001). Country Risk Measures: How Risky Are They?. *Journal of World Business, 36*(2), pp. 128-145. doi: https://doi.org/10.1016/S1090-9516(01)00049-9.

Bloom, N., Romer, P., Terry, S., y Van Reenen, J. A Trapped-Factors Model of Innovation. *The American Economic Review, 103*(3), pp. 208-212. doi: https://www.jstor.org/stable/23469731.

Brattströma, A., Frishammarb, J., Pflueger, D., y Richter, A. (2018). Can innovation be measured? A framework of how measurement of innovation engages attention in firms. *Journal of Engineering and Technology Management, 48,* pp. 64-75. doi: https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2018.04.003.

Brown, C., Cavusgil, S., y Lord A. (2015). Country-risk measurement and analysis: A new conceptualization and managerial tool. *International Business Review, 24*(2), pp. 246-265. doi: https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2014.07.012.

Brown, L., y Osborne, S. (2013). Risk and innovation: Towards a framework for risk governance in public services. *Public Management Review, 15*(2), pp. 186-208. doi: http://dx.doi.org/10.1080/14719037.2012.707681.

Cárdenas, M. (2003). *Renegociación de la deuda externa*. Recuperado de https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1011068.

Castellanos, O., Jiménez, C., León, A., Montañez, M., y Vargas, F. (2005). El análisis de patentes como instrumento para la generación de conocimiento y de estrategia tecnológica. *Revista Gerencia Tecnológica Informática, 4*(9), pp. 71-82.

Chang, C., Liu, J., Shi, Y., y Wei, W. (2018). The nexus between country risk and exchange rate regimes: A global investigation. *North American Journal of Economics and Finance*, pp. 1-19. doi: https://doi.org/10.1016/j.najef.2018.08.025.

Chiu, Y., y Lee, C. (2019). Financial development, income inequality, and country risk. *Journal of International Money and Finance, 93*(), pp. 1-18.

Cirera, X., y Maloney W. F. (2017). *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up.* Washington, Estados Unidos: World Bank Group.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2015). *CONPES 3834: LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA ESTIMULAR LA INVERSIÓN PRIVADA EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN A TRAVÉS DE DEDUCCIONES TRIBUTARIAS*. Recuperado de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/conpes3834-beneficiostributarios.pdf.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2017). *CONPES 3892: ACTUALIZACIÓN DEL DOCUMENTO CONPES 3834: LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA ESTIMULAR LA INVERSIÓN PRIVADA EN CIENCIA,*

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN A TRAVÉS DE DEDUCCIONES TRIBUTARIAS. Recuperado de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/conpes3892.pdf.

Cosset, J., y Roy, J. (1991). The Determinants of Country Risk Ratings. *Journal of International Business Studies, 22*(1), pp. 135-142.

Czarnitzki, D., Hanel, P., y Rosa, J. M. (2010). Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation: A microeconometric study on Canadian firms. *Research Policy, 4*0(2), pp. 217-229.

Ferrada, S., y Fuentes, R. (2016). Innovación Tecnológica en Empresas Chilenas: Un Estudio Empírico Basado en Patentes. *Journal of Technology Management & Innovation, 11*(4), pp. 56-64. doi: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242016000400008.

García, R. (2017). Patentamiento universitario e innovación en México, país en desarrollo: teoría y política. *Revista de la Educación Superior, 46*(184), pp. 77-96. doi: https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.11.001.

Gómez, J., y Molina, R. (2017). Modelos de utilidad como mecanismo para fomentar la innovación en los países en vías de desarrollo. *Revista CIMEXUS, 12*(2), pp. 239-252. doi: https://cimexus.umich.mx/index.php/cim1/article/view/258.

Hoti, S., y McAleer, M. (2006). How Does Country Risk Affect Innovation? An Application to Foreign Patents Registrered in the USA. *Journal of Economic Surveys, 20*(4), pp. 691-714. doi: onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291467-6419/issues.

Minciencias. (2020). *¿Cuáles son los Beneficios Tributarios?*. Recuperado de https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia/beneficios-tributarios/cuales-son.

Murro, P. (2013). The Determinants of Innovation: What Is the Role of Risk?. *Manchester School, 81*(3), pp. 293-323. doi: http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.unal.edu.co/journal/10.1111/%28ISSN%291467-9957/issues.

Nelson, R., y Romer, P. (1996). Science, Economic Growth, and Public Policy. En B. Smith y C. Barfield (Eds.), *Technology, R&D and the Economy* (pp. 9-21). Brookings Institution y American Enterprise Institute.

Pavitt, K. (1988). Uses and abuses of patent statistics. *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology, 16*(), pp. 509-536. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-444-70537-2.50021-0.

Pegkas, P., Staikouras, C., y Tsamadias, C. (2019). Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries. *Journal of Policy Modeling, 41,* pp. 1005-1025. doi: https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.001.

Rojas, E. (2016). *¿Qué es el EMBI+?*. Recuperado de http://www.elfinanciero.com.mx/mercados/dinero/que-es-el-embi.

Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. Journal of Political Economy, 98(5), pp. 71-102. doi: https://doi.org/10.1086/261725.

Romer, P. (Abril de 1992). Two Strategies for Economic Development: Using Ideas and Producing Ideas. *World Bank's Annual Conference on Development Economics.* Washington D.C., Estados Unidos.

Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). (2019). *Antes de solicitar Patentes.* Recuperado de https://www.sic.gov.co/patentes/antes-de-solicitar.

Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). (2019). *Antes de solicitar una patente de modelo de utilidad.* Recuperado de https://www.sic.gov.co/patente-de-modelo-de-utilidad/antes-de-solicitar.