Externalidades Ambientales de los Bonos Verdes en el Desarrollo Territorial Colombiano durante el período 2016 – 2022

Environmental Externalities of Green Bonds in Colombian Territorial Development during the period 2016 - 2022

Jennyffer Vargas Herazo[1]

Facultad de Ciencias Sociales y Empresariales, Universidad Piloto de Colombia

Opción de Grado: Monografía

Tutor: Víctor Hugo Nauzán Ceballos

Cotutora: Leidy Maritza Silva Rodríguez

11 de abril de 2024

[1] Estudiante de pregrado en proceso de obtención del título de Economista. Correo: jennyffer-vargas@upc.edu.co.

Tabla de Contenido

1. Resumen ---------- 3

1.1. Palabras Clave ---------- 4

2. Abstract ---------- 4

2.1. Keywords ---------- 5

3. Estado del Arte ---------- 5

4. Introducción ---------- 8

5. Bonos Verdes: Actores, Mercado y Contexto ---------- 13

5.1. Agentes Económicos de los Bonos Verdes ---------- 14

5.1.1. Emisores ---------- 15

5.1.2. Inversores ---------- 21

5.2. El Mercado ---------- 23

5.3. Bonos Verdes en Colombia ---------- 26

5.3.1. Marco Jurídico ---------- 26

5.3.2. Bonos Verdes Emitidos durante el período 2016 – 2022 ---------- 28

6. Proyectos Verdes en Colombia y sus Externalidades ---------- 33

6.1. Proyectos Verdes en Colombia ---------- 33

6.2. Externalidades Ambientales y Desarrollo Territorial ---------- 42

7. Metodología: Variables y Modelo Espacial ---------- 49

7.1. Variables ---------- 51

7.2. Modelo y Resultados ---------- 55

8. Conclusiones ---------- 68

9. Recomendación ---------- 70

10. Referencias Bibliográficas ---------- 71

1. Resumen

En Colombia, desde su introducción en 2016, los bonos verdes han recaudado COP 4,19 billones. Con este capital, se han financiado y refinanciado 583 proyectos verdes a nivel nacional. Esta monografía brinda información con respecto a los bonos verdes emitidos en el país durante el período 2016 - 2022; los proyectos verdes financiados por estos bonos y las externalidades ambientales que dichos proyectos han generado en los territorios. Adicionalmente, se presenta un modelo espacial que permite evidenciar la importancia de las externalidades ambientales y de los proyectos verdes en el desarrollo territorial integral de los departamentos.

El objetivo de esta investigación es determinar el efecto que han tenido las externalidades de los bonos verdes en el desarrollo territorial colombiano durante el período 2016 – 2022, por medio de un análisis correlacional y descriptivo que emplea la econometría espacial con la finalidad de comprobar que los proyectos verdes y las externalidades ambientales de los bonos verdes impulsan la dimensión sustentable del desarrollo territorial integral en Colombia.

Teniendo en cuenta que la hipótesis planteada sugiere que las externalidades asociadas a los bonos verdes tienen un efecto positivo en el desarrollo territorial colombiano, al contribuir significativamente a mejorar la relación de las comunidades con el entorno ambiental, se ha

desarrollado un modelo con rezago espacial que demuestra que tanto los proyectos verdes y sus externalidades ambientales, como el desarrollo territorial integral de los departamentos vecinos, tienen un papel importante en que cada departamento de Colombia avance en la construcción social de su territorio. La cual, involucra diálogos, cambios de mentalidad y técnicas tanto en el departamento como por fuera de él.

1.1. Palabras Clave

Colombia; Bonos Verdes; Proyectos Verdes; Externalidades Ambientales; Desarrollo Territorial; Econometría Espacial.

2. Abstract

In Colombia, since their introduction in 2016, green bonds have raised COP 4,19 trillion. With this capital, 583 green projects have been financed and refinanced nationwide. This monograph provides information regarding green bonds issued in the country during the period 2016 - 2022; the green projects financed by these bonds and the environmental externalities that these projects have generated in the territories. Additionally, a spatial model is presented that allows for the demonstration of the importance of environmental externalities and green projects in the integral territorial development of the departments.

The objective of this research is to determine the effect that the externalities of green bonds have had on Colombian territorial development during the period 2016 - 2022, through a correlational and descriptive analysis employing spatial econometrics, the aim is to verify that green projects and the environmental externalities of green bonds promote the sustainable dimension of integral territorial development in Colombia.

Considering that the hypothesis posited suggests that the externalities associated with green bonds have a positive effect on Colombian territorial development by significantly contributing to improving communities' relationship with the environmental surroundings, a spatial lag model has been developed. This model demonstrates that both green projects and their environmental externalities, as well as the integral territorial development of Colombia of neighbouring departments, play an important role in advancing each department of Colombia in the social construction of its territory. This involves dialogue, mindset changes, and techniques both within and outside the department.

2.1. Keywords

Colombia; Green Bonds; Green Projects; Environmental Externalities; Territorial Development; Spatial Econometrics.

3. Estado del Arte

Al buscar literatura relacionada con las externalidades ambientales de los bonos verdes en Colombia, se consultaron bases de datos como Scielo, Google Scholar, Redalyc y Jstor en la biblioteca virtual de la Universidad Piloto de Colombia, junto con recursos externos como Dimensions, Scopus y Google. En los escritos encontrados, Avellaneda y Rojas (2021), Murcia (2021), Resine (2019) y Rozo (2022) exponen los compromisos internacionales de Colombia en torno a la sostenibilidad, las leyes que se han creado en el país con relación a estos bonos, el *greenium*[2] y los incentivos de los emisores e inversores para emitir y comprar estos títulos verdes.

---

[2] El beneficio financiero que obtienen los emisores al poder sacar al mercado títulos verdes con un cupón menor al de los bonos convencionales.

Avellaneda y Rojas (2021) presentan un análisis de las emisiones de bonos verdes que tuvieron lugar entre diciembre de 2016 y diciembre de 2019 en Colombia. Su estudio incluye detalles sobre los emisores e información sobre los proyectos financiados. Los autores destacan que el sector de la construcción sostenible ha sido el área de mayor inversión hasta la fecha (59% del total emitido), y el de las energías renovables el segundo, con un 27%. Además, resaltan que los inversionistas muestran un marcado interés en los bonos temáticos y que, a pesar de las diferencias en los informes sobre el uso de los recursos, su interés en estas inversiones permanece invariable.

Murcia (2021) revisa la emisión de bonos verdes en Colombia, en América Latina y a nivel global. En su investigación, la autora concluye que han aumentado las emisiones de dichos bonos en el sector público y en el privado se han vuelto estables. Además, indica que el transporte sostenible lidera las inversiones en América Latina y que la falta de claridad en la definición de proyectos verdes plantea dudas sobre la efectividad de los recursos recaudados, ya que proyectos no exclusivamente ambientales pueden ser incluidos.

Resine (2019) se enfoca en resaltar los beneficios que los bonos verdes ofrecen a los inversionistas y emisores. La autora, a parte de una revisión documental, entrevista a dos ejecutivos: uno de la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el otro de los Principios de Inversión Responsable (PRI[3] por sus siglas en inglés). El ejecutivo de la CAF señala que los

---

[3] Principles for Responsible Investment. Son un conjunto de directrices internacionales que orientan a las entidades financieras sobre cómo implementar una metodología responsable de inversión. Al aplicar estos principios, se tienen en cuenta aspectos ambientales, sociales y de gobernanza al elegir, transformar y gestionar una cartera de inversión. PRI también hace referencia a una entidad internacional que se encarga de promover la inversión responsable y evaluar anualmente el progreso de los signatarios en la implementación de estos principios.

costos previos a la emisión son elevados, pero recuperables para las entidades que puedan costearlos. Mientras que el representante del PRI da a entender que muchos de los inversores institucionales que compran instrumentos financieros verdes son influenciados por compromisos con la sostenibilidad, que adquieren y deben cumplir, tales como los *Principles for Responsible Investment.* La conclusión a la que llega la autora es que los beneficios que obtienen los emisores e inversores de los bonos verdes son cuatro: (1) la diversificación de su portafolio y fuentes de ingreso; (2) publicidad y buena imagen; (3) transparencia y legislación; y (4) un beneficio moral, en cuanto a la satisfacción de contribuir en algo bueno para el planeta y la sociedad.

Rozo (2022) crea un modelo estructural de dos factores con variables de riesgo estocástico que incorporan efectos climáticos y económicos, para demostrar la importancia de los bonos verdes en la sostenibilidad ambiental de Colombia. El autor determina el valor de variables ambientales y de mercado no observables a partir del primer bono verde soberano emitido por el gobierno colombiano. Después, calcula teóricamente el valor del greenium para Colombia y su sensibilidad ante diferentes factores. Por último, estima el dinero requerido para financiar la transición de Colombia hacia la sostenibilidad ambiental al combinar teoría financiera y ciencias ambientales, para con ello demostrar cómo los bonos verdes pueden aportar en dicha transición al ayudar a financiarla.

Tras revisar los trabajos en cuestión, se puede concluir que el tema central de esta monografía, las externalidades ambientales de los bonos verdes, no ha sido investigado en la profundidad deseada para enriquecer este escrito, dado que la mayoría de la literatura existente se ha centrado en los aspectos financieros de estos bonos. Por ende, se puede deducir que esta carencia de información constituye una valiosa oportunidad para generar nuevo conocimiento

con respecto al efecto que tienen las externalidades ambientales de los bonos verdes en el desarrollo territorial colombiano.

4. Introducción

Todos los países del mundo están experimentando o han experimentado las consecuencias del cambio climático en sus territorios, sin importar su situación económica o nivel de desarrollo. Este fenómeno, de origen tanto natural como antropogénico, no reconoce de fronteras geográficas ni políticas, y tampoco hace distinciones basadas en la riqueza, la pobreza, el desarrollo o el subdesarrollo de las naciones (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2018). En otras palabras, el cambio climático afecta de manera equitativa a todos los territorios, generando desequilibrios naturales, independientemente de si una región está o no preparada para afrontar sus consecuencias.

Según el IPCC (2018), las consecuencias climáticas pueden ser económicas, sociales y ambientales. Estas consecuencias, desde una perspectiva económica, se traducen en la pérdida de cosechas, el deterioro de la infraestructura y una mayor inflación. En el ámbito social, emergen en forma de migración forzada, escasez de recursos vitales como el agua, y el aumento de conflictos relacionados con los recursos naturales. Y en el plano ambiental, se evidencian mediante el incremento del nivel del mar, la acidificación de los océanos, la disminución de la biodiversidad y el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos.

Un ejemplo de que el cambio climático afecta a todos los territorios sin distinción alguna es que tanto el país insular de Kiribati, uno de los más pobres del planeta, como Alemania, la cuarta potencia económica del mundo, han experimentado sus consecuencias. Kiribati se ha enfrentado a un fenómeno alarmante conocido como erosión costera, donde el aumento del nivel del mar, causado por el derretimiento de los glaciares y casquetes polares, está sumergiendo

gradualmente la isla y obligando a decenas de personas a abandonar sus hogares (DW Documental, 2018). Por otro lado, Alemania, en el 2021, sufrió devastadoras inundaciones que resultaron en la pérdida de más de 180 vidas y daños materiales significativos, sin contar el profundo dolor que aquel desastre dejó en las familias y personas afectadas (DW Documental, 2022).

El cambio climático puede afectar a un territorio de manera progresiva, como es el caso de Kiribati, o de forma repentina y sin dar un tiempo de respuesta adecuado, como ocurrió con Alemania. Por lo tanto, en este contexto, resulta fundamental la planificación y ejecución de iniciativas preventivas que no solo ayuden a mitigar las consecuencias de futuros desastres meteorológicos, sino también a capitalizar las oportunidades económicas que la adaptación de los territorios puede ofrecer, como una mayor demanda de energía renovable o la necesidad de nuevos productos sustentables.

Encontrar información sobre cómo tomar medidas contra el cambio climático es bastante fácil si se tiene internet. Sin embargo, el verdadero desafío radica en conseguir los recursos necesarios para llevar a cabo los proyectos que surgen a partir de esta información, ya que en muchas ocasiones no se cuenta con dinero disponible para tal fin. En este escenario, el *bono verde* se presenta como una solución crucial, al ser un título de deuda que permite al emisor financiar o refinanciar proyectos verdes, que son iniciativas ambientales que se especializan en la gestión de riesgos y oportunidades climáticas (The International Capital Market Association [ICMA], 2018; Climate Bonds Initiative, 2021).

Los proyectos verdes financiados o refinanciados por estos bonos suelen ser activos o actividades que ya existen o se desean llevar a cabo en un determinado territorio. Estos proyectos como activos hacen referencia a hoteles, plantas de tratamiento de agua, casas, parques eólicos o

granjas solares, etc., mientras que como actividades pueden abarcar la recuperación de un ecosistema, a la economía circular o a la agricultura sostenible (ICMA, 2018).

Un ejemplo concreto de este tipo de proyectos se evidencia en Villa del Carbón, Estado de México. Desde la época colonial, este municipio había basado su economía en el carbón. Sin embargo, su actividad carbonífera había generado un problema ambiental significativo: la deforestación masiva de su bosque. En respuesta a esta situación, a partir de los años 90, se inició la implementación de un sistema de manejo forestal sustentable, en donde en lugar de quemar el bosque para obtener carbón, se optó por capturar dióxido de carbono con la finalidad de vender créditos de compensación a empresas. Como resultado de esta iniciativa, desde 2018, se volvió más rentable para los habitantes de Villa del Carbón conservar las 10 mil hectáreas del bosque, para almacenar 260 mil toneladas de CO2, que continuar con la extracción de carbón (DW Español, 2023).

Para aclarar, en Economía, cuando un agente económico lleva a cabo una actividad que resulta en beneficios y costos asociados, pero no los experimenta ni asume en su totalidad, estos beneficios y costos que no disfruta ni asume son experimentados o sufridos por otros. Esta tercerización de consecuencias es conocida como *externalidad* (Kenton, 2022).

Se considera que, a pesar de que los proyectos verdes tengan un costo para el territorio, proporcionan a cambio externalidades positivas que ayudan a mejorar su desarrollo. Aquellas externalidades ayudan a fortalecer la economía local; al brindar protección contra los riesgos climáticos, mejorar la calidad de vida de las personas, preservar los recursos naturales y orientar el mercado laboral hacia la economía verde. La *Economía Verde* es un modelo económico en donde se aprovechan los residuos, se emplean fuentes de energía renovable y se busca la

sustentabilidad de las actividades económicas, con el objetivo de garantizar que los recursos escasos perduren para las generaciones futuras (Vargas et al., 2017).

En Colombia, el primer bono verde fue emitido en diciembre de 2016 y desde esa fecha hasta el 2022 se han emitido varios ejemplares (Inter-American Development Bank [IDB], 2023). Dado que los bonos verdes han financiado proyectos que crean externalidades ambientales en los territorios, y esas externalidades creadas han modificado el desarrollo territorial. Como finalidad de este escrito, se desea dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué efecto han tenido las externalidades ambientales de los bonos verdes en el desarrollo territorial colombiano durante el periodo 2016 – 2022?

Para dar respuesta a ello, se plantea la siguiente hipótesis:

Dado que, al financiar proyectos orientados a gestionar las oportunidades y riesgos asociados al cambio climático, los bonos verdes generan externalidades ambientales positivas como: la restauración de ecosistemas estratégicos, la mejora de la adaptabilidad y resiliencia del territorio frente a eventos climáticos extremos, y la reducción de la contaminación en las áreas donde se desarrollan las iniciativas relacionadas con la gestión del agua y la adecuada disposición de los residuos. Se postula que las externalidades ambientales de los bonos verdes tienen un efecto positivo en el desarrollo territorial integral de Colombia, al impulsar la dimensión sustentable en los territorios en donde las iniciativas verdes de estos bonos son implementadas.

El objetivo general de esta monografía es determinar el efecto que han tenido las externalidades de los bonos verdes en el desarrollo territorial colombiano durante el periodo 2016 – 2022, por medio de un análisis correlacional y descriptivo que emplea la econometría

espacial con la finalidad de comprobar que los proyectos verdes y las externalidades ambientales, que los bonos verdes ayudan a financiar, impulsan la dimensión sustentable del desarrollo territorial integral en Colombia.

Además, para poder cumplir dicho propósito se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Explicar el funcionamiento, los actores, el mercado y el contexto de los bonos verdes en Colombia, así como los proyectos verdes financiados y las externalidades ambientales generadas con la ayuda de estos bonos durante el periodo 2016 - 2022.
2. Identificar el modelo espacial más adecuado para analizar el efecto que han tenido las externalidades ambientales de los bonos verdes en el desarrollo territorial colombiano.
3. Demostrar que los proyectos verdes y las externalidades ambientales, que los bonos verdes ayudan a financiar, tienen un efecto positivo en el desarrollo territorial integral de Colombia al impulsar la dimensión sustentable de este.

Con lo anterior en mente, la presente monografía se divide en tres secciones. En la primera, se aborda el tema de los bonos verdes, con el fin de comprender su funcionamiento, mercado, actores y contexto en el país. En la segunda, se exponen datos con respecto a los proyectos verdes financiados, para entender cuáles son y cómo las externalidades que generan se relacionan con el desarrollo territorial. Y en la tercera, se explican las variables y la metodología a utilizar para validar la hipótesis planteada. Al finalizar el escrito, se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes. Sin más preámbulos, se da inicio a la primera sección:

5. Bonos Verdes: Actores, Mercado y Contexto

Durante aproximadamente 15 años, los bonos verdes han estado presentes en el mercado global. En 2008, el banco SEB[4] emitió el primer bono verde del mundo en Suecia, en colaboración con el Banco Mundial (Maltais y Nykvist, 2020). Sin embargo, en Colombia, la adopción de esta herramienta comenzó el 5 de diciembre de 2016 con Bancolombia (International Finance Corporation [IFC], 2016), ocho años después de su introducción a nivel mundial. Esto se debió principalmente a que los compromisos adquiridos en 2015 por el país: el Acuerdo de París y la Agenda 2030 (García et al., 2016; Santos, 2022), generaron una mayor conciencia sobre la necesidad de implementar prácticas financieras sostenibles.

Bancolombia emitió su primer bono verde aprovechando el entorno de mercado que se generó después de la firma de estos compromisos. La IFC adquirió el bono de Bancolombia y, a través de esta transacción, se dio lugar a la primera emisión de estos valores en el país. En ese momento, la emisión tuvo lugar fuera del mercado de valores nacional, ya que el mercado de valores para instrumentos financieros temáticos, conocido como la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) Sostenible, aún no se había consolidado ni puesto en funcionamiento (Grupo Bancolombia, 2018; Espinosa, 2018; Cifuentes et al., 2021).

Desde aquella primera emisión siguieron muchas más, hasta diciembre de 2022 se cuenta con un total de 17 bonos verdes emitidos[5]. De los cuales, como eventos importantes se tienen: la

---

[4] Skandinaviska Enskilda Banken.

[5] Durante el periodo 2016 – 2022 se han emitido 17 tramos. Un tramo representa una parte de la emisión total que la Superintendencia Financiera de Colombia autoriza a una entidad emisora realizar dentro de un plazo establecido. Estos tramos pueden diferir en aspectos como la fecha, el cupón, el período de vencimiento e incluso el tipo de inversionista al que van dirigidos.

primera emisión en bolsa realizada por el Banco de Comercio Exterior de Colombia (Bancóldex) en 2017; la primera vez que una empresa del sector real emitió un bono verde, que fue en 2018 con la Empresa de Energía del Pacífico, y el más reciente, cuando el Gobierno Colombiano emitió en septiembre de 2021 su primer bono verde soberano (BVC, 2023; Celsia S.A., 2023[a]; Ministerio de Hacienda y Crédito Público [MinHacienda], 2022).

Después de haber proporcionado un breve contexto histórico sobre estos instrumentos financieros verdes, cabe mencionar cómo se desarrolla la presente sección. En primer lugar, se examinan los actores de los bonos verdes, haciendo hincapié en sus incentivos particulares. Luego, se explica su mercado, incluyendo el proceso de emisión y el comportamiento de su demanda. Y por último, se muestra información histórica sobre estos bonos en Colombia, al proporcionar datos interesantes con el fin de comprender mejor su evolución e integración en el mercado de valores colombiano.

5.1. Agentes Económicos de los Bonos Verdes

Tomando como referencia la información presentada por ICMA (2018), Bancóldex (2022) e IDB (2023), en la Figura 1, se muestran las 4 fases por las que pasa un bono verde. De izquierda a derecha, se puede observar que todo comienza en la etapa de preparación, la cual se da antes de que el bono exista. En ella, los emisores se encargan de cumplir con una serie de requisitos que los habilitan para poder sacar estos valores al mercado. Luego, en la fase de emisión, el bono inicia su vida útil al dar a los emisores liquidez y a los inversores una promesa de retorno.

Cuando los emisores ya tienen fondos, se inicia la etapa de uso de recursos, en donde los gestores empiezan a implementar las iniciativas climáticas en los territorios y, anualmente, se publican informes para que los inversionistas estén al tanto de qué se está financiando o

refinanciando con los fondos que prestaron. Finalmente, en la fase de vencimiento, los emisores generan un informe final y pagan su deuda e intereses pendientes.

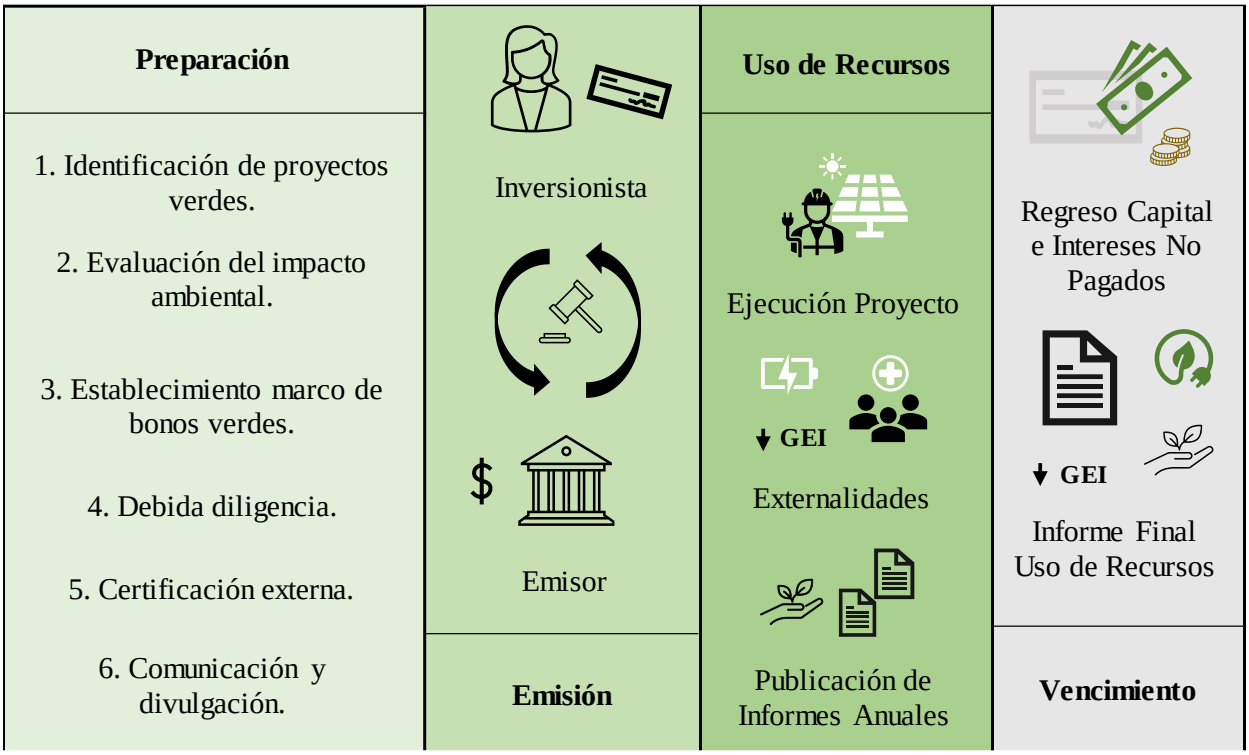


Figura 1. *Fases por las que pasa un bono verde.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información presentada por ICMA (2018); Bancóldex (2022) e IDB (2023).

Nota. GEI significa Gases de Efecto Invernadero.

A continuación, se presentan los Emisores e Inversores de los bonos verdes, que son los agentes más importantes cuando se desea llevar a cabo la etapa de emisión de estos títulos.

5.1.1. Emisores

En el mercado de bonos verdes, distintos agentes económicos tienen la responsabilidad de generar la oferta de estos valores después de haber completado la etapa de preparación o pre-emisión que se muestra en la Figura 1. Estos agentes, conocidos como Emisores, suelen clasificarse en tres tipos: (1) Bancos, (2) Empresas y (3) Gobiernos (Grupo Bancolombia, 2018).

A continuación, en la Tabla 1 se muestran las entidades que han emitido bonos verdes en Colombia, indicando el número de tramos emitidos por cada una, la cantidad total recaudada a través de estos bonos, el total desembolsado en proyectos verdes y la financiación adicional realizada por algunos emisores.

En Colombia, entre los años 2016 y 2022, únicamente ocho entidades han realizado emisiones de bonos verdes (ver Tabla 1). De estas emisiones, un poco más de la mitad las realizaron entidades bancarias, ya que de los 17 tramos emitidos, nueve de ellos provienen de instituciones financieras. Además, quien ha recaudado más dinero a través de estos bonos ha sido el Gobierno de Colombia, ya que de los COP 4,19 billones que se han recaudado hasta 2022, los 3 tramos de este emisor cubren el 45,34% de aquella suma.

N°	Emisor	Tipo	Tramos Emitidos	Total Emitido (Millones de COP)	Total Desembolsado (Millones de COP)	Financiación Extra Generada
1	Bancolombia S.A.	Establecimiento Bancario	3	650.000	650.000	0
2	Banco Davivienda S.A.	Establecimiento Bancario	1	433.000	1.714.532	1.281.532
3	Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.	Banco de Desarrollo Estatal	1	200.000	584.552	384.552
4	Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P / Celsia Colombia S.A. E.S.P.	Empresa de Servicios Públicos (Luz)	3	280.000	280.000	0
5	Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	Empresa de Transmisión, Control y Distribución de Energía	2	299.998	299.998	0
6	Banco de Bogotá S.A.	Establecimiento Bancario	2	300.000	584.167	284.167

7	Gobierno de Colombia [Ministerio de Hacienda y Crédito Público]	Gobierno Nacional	3	1.900.000	1.900.000	0
8	Banco Finandina BIC	Banco de Beneficio e Interés Colectivo	2	127.976	No hay información disponible	-

Tabla 1. *Emisores de bonos verdes en Colombia durante el periodo 2016 – 2022.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información presentada por BVC (2023), Celsia (2022), IDB (2023) y MinHacienda (2022).

Nota. El emisor N° 4, en 2018, se llamaba Empresa de Energía del Pacífico (EPSA) y en 2021, cambió su nombre a Celsia Colombia, a razón de que EPSA se fusionó con Celsia (una multinacional de energía). El total desembolsado para el emisor N° 7 es una suposición, dado que el Gobierno de Colombia aún no ha hecho público su informe de uso de recursos.

Para entender mejor a los tipos de emisores que pueden tener estos bonos, a continuación se brinda información sobre ellos:

Bancos. Los bancos se desempeñan como intermediarios clave para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), ya que el proceso de emisión de bonos suele ser costoso y poco accesible para emprendimientos o empresas jóvenes (Maltais y Nykvist, 2020). Una vez el banco ha emitido sus bonos en el mercado y los ha subastado para obtener el capital necesario, transforma los fondos recaudados en créditos verdes dirigidos a las PYMES. Claramente, como cualquier crédito, la entidad bancaria cobra intereses periódicos a las empresas por el dinero prestado. Con ello, paga los intereses al inversionista y se paga a sí misma una prima por intermediación.

Un dato que vale la pena resaltar es que, durante la vida útil de estos bonos, el capital que se le devuelve al banco se reinvierte en otros créditos similares. Haciendo que, hasta el momento del vencimiento del bono, los fondos recaudados sigan financiando o refinanciando más proyectos verdes. Esta práctica es esencial, ya que si el banco no lleva a cabo esta acción, sus informes anuales demostrarían que el dinero recaudado no se está empleando como se prometió a los inversionistas.

En la Tabla 1 se puede observar que, a excepción de Bancolombia, los demás bancos de los que se tiene información sobre el total desembolsado suelen superar el valor nominal de sus bonos y financiar más proyectos verdes con el dinero que se les retorna, es decir, suelen generar financiación extra durante la vida útil de su bono. Como dato a destacar, se puede decir que el Banco Davivienda ha sido quién más ha generado financiación extra, al utilizar 3 veces más el valor nominal de su bono para financiar diversos proyectos relacionados con la construcción de edificaciones verdes[6].

Empresas. En lo que respecta a las empresas que logran emitir títulos verdes en el mercado financiero, suele ser el caso que se trate de empresas grandes[7] con una salud financiera sólida que les permite afrontar los costos asociados al proceso de emisión de estos instrumentos financieros y mantener una calificación crediticia alta. Estas empresas, al igual que los bancos, atraviesan las fases que se ilustran en la Figura 1, con la única diferencia de que los recursos recaudados a través de la emisión se destinan a proyectos internos. A veces, estos proyectos

---

[6] Del total desembolsado por Davivienda, el 56,8% se invirtió en activos residenciales y el 43,2% en inmuebles comerciales con el fin de obtener certificaciones EDGE o LEED (IDB, 2023).

[7] Se considera gran empresa a aquella que tiene ingresos por actividades ordinarias anuales mayores al rango superior de las medianas empresas (> 2.160.692 Unidades de Valor Tributario). – Decreto 957 de 2019.

internos contribuyen parcialmente al pago del capital e intereses del bono verde. Sin embargo, la empresa se compromete a reembolsar el valor nominal y el retorno preferencial del título mediante la venta de sus productos, en lugar de depender exclusivamente del proyecto, que simplemente actúa como respaldo para el pago (Maltais y Nykvist, 2020).

En Colombia, las dos empresas que han emitido bonos verdes están relacionadas con el sector energético. Ya sea desde la transmisión de la energía renovable producida, como sucede con Interconexión Eléctrica y sus dos proyectos: COCU y CECO (SITAWI Finanças do Bem, 2021); o desde la generación de energía, como es el caso de Celsia Colombia, que ha invertido sus recursos en el desarrollo y puesta en operación comercial de 16 granjas solares (Celsia, 2022).

Gobiernos. Cuando un gobierno local o nacional emite un título verde, comúnmente se le denomina “bono verde soberano”. Sin embargo, en el caso de Colombia, a este tipo de bono se le conoce como “TES verde” (MinHacienda, 2022). Los gobiernos suelen emitir cuando su territorio requiere capital para llevar a cabo iniciativas climáticas que le permitan avanzar en el cumplimiento del Acuerdo de París y la Agenda 2030. Al igual que las empresas, estos agentes emiten para costear proyectos propios que tienen como objetivo principal beneficiar a comunidades específicas o a la población en general. Antes de la emisión de un bono verde soberano, se suele implementar una serie de reglas y establecer un marco de emisión que le permite al Gobierno sacar al mercado dichos títulos, siempre y cuando el valor emitido y los proyectos respaldados sean coherentes con su presupuesto y plan de desarrollo.

En resumen, los bancos son emisores intermediarios, ya que transfieren los recursos de los bonos verdes a las PYMES y personas naturales a través de los créditos verdes que otorgan. Las empresas que emiten bonos verdes son grandes y suelen emitir para aprovechar

oportunidades climáticas como la transición energética. Por otro lado, los gobiernos emiten bonos verdes soberanos con el objetivo de proteger los recursos de su territorio, a su población y a su economía de los estragos del clima, al mismo tiempo que abogan por la salud, la calidad de vida y los derechos de sus ciudadanos.

Es importante resaltar que los incentivos para que los emisores participen en el mercado de bonos verdes y emitan estos instrumentos financieros, según Maltais y Nykvist (2020), son los siguientes:

1. **Ampliación de inversores objetivo.** Adentrarse al mercado de los bonos verdes permite a los emisores ampliar su base de inversionistas y asegurar que la cartera que necesitan costear vaya de la mano con las peticiones que las entidades inversoras están requiriendo en términos de sostenibilidad.
2. **Greenium.** Las tasas de los bonos verdes son relativamente más bajas que las de los bonos convencionales; por ende, el greenium que otorgan estos valores los hace más atractivos.
3. **Invertir en el financiamiento del mañana.** Se asegura el acceso continuo a financiamiento, ya que se espera que las credenciales verdes sean un factor importante en la obtención de capital en el futuro.
4. **Buena Reputación.** La emisión de bonos verdes refuerza la imagen de la organización como comprometida con prácticas responsables al fomentar la integración de la sostenibilidad en las operaciones y decisiones estratégicas de la entidad emisora.

Es decir, la emisión de bonos verdes ofrece una serie de ventajas financieras y de imagen para los emisores que buscan promover prácticas sostenibles.

5.1.2. Inversores

En el mercado financiero sostenible, los inversores son los agentes económicos encargados de adquirir los bonos temáticos, es decir, representan la demanda de los bonos. Su función principal implica tomar decisiones sobre en qué instrumento financiero invertir sus recursos, ya sea en bonos verdes, sociales, naranjas, sostenibles, u otros. A continuación, en la Tabla 2, se detallan las entidades que han invertido en bonos verdes colombianos, tanto en el segundo mercado como en el principal.

Lugar de Emisión	Inversionista o a quién va dirigido el bono	N° de tramos comprados	Total Invertido (Millones de COP)
Segundo Mercado	International Finance Corporation	4	993.000
	Financiera de Desarrollo Nacional	1	70.000
Bolsa de Valores de Colombia Sostenible	Público en General, incluyendo las personas jurídicas, personas naturales, menores o mayores de edad que tengan capacidad de contratar; así como los extranjeros, entidades multilaterales de crédito, patrimonios autónomos, fondos de pensiones y cesantías, fondos de inversión colectiva, fondos de capital privado, entidades aseguradoras y cualquier otro inversionista que esté en capacidad de adquirir los Bonos Verdes.	9	1.227.974
Banco de la República	Inversionistas Extranjeros y Locales	3	1.900.000

Tabla 2. *Inversionistas de bonos verdes en Colombia durante el periodo 2016 – 2022.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información proporcionada por Banco de Bogotá (2020), BVC (2023), Casa de Bolsa (2021), Celsia (2022) y MinHacienda (2022).

De la Tabla 2 se puede destacar que la International Finance Corporation es el inversionista calificado que más ha comprado bonos verdes en el segundo mercado. Entre los emisores a los que la IFC les ha comprado estos títulos se encuentran EPSA / Celsia Colombia,

Banco Davivienda y Bancolombia (Celsia S.A., 2023[a]; IFC, 2016; IFC, 2017). Adicionalmente, se puede inferir que más de la mitad de los tramos emitidos se subastó en la Bolsa de Valores de Colombia Sostenible y que los 3 bonos del Gobierno de Colombia, los compraron inversionistas locales y extranjeros[8] a través de las subastas de TES verdes que llevó a cabo el Banco de la República en 2021 y 2022 (MinHacienda, 2022).

Según ICMA (2018) y Resine (2019), existen diversos incentivos para que los inversores adquieran bonos verdes en la BVC, el segundo mercado o en las subastas del Banco de la República. Estos incluyen:

1. **La transparencia**. Los bonos verdes se distinguen por su transparencia en el uso de los recursos, ya que cada año se publican informes detallados que permiten a los inversores conocer el destino de su dinero y los proyectos respaldados por estos bonos.

2. **Cumplimiento de compromisos.** Los bonos verdes ayudan a los inversores a avanzar en su compromiso con la inversión responsable ante el PRI u otras entidades que se lo demanden.

3. **Los estándares de emisión brindan seguridad sobre el uso final de los recursos invertidos.** La inversión en estos bonos otorga a los inversores la oportunidad de asignar su capital a proyectos o activos específicos que han sido rigurosamente certificados como

[8] Si desea conocer el nombre de los inversionistas extranjeros de los TES verdes, puede consultar el siguiente link: https://www.casadebolsa.com.co/documents/1726188/2470637/Julio+2023+Estrategia+TES+Verde+De+vuelta+al+ruedo+cuarta+subasta+en+camino.pdf/3c44c160-ad59-5025-746c-b20ae5fcd76a?t=1689260580186

verdes por entidades externas al emisor teniendo en cuenta los Green Bond Principles o el Climate Bonds Standard & Certification Scheme.

4. **Un inversor responsable puede atraer más clientes en el mañana.** Desde una perspectiva empresarial, los bonos verdes pueden servir como una herramienta para atraer nuevos clientes y demostrar el compromiso de la empresa con la sostenibilidad.

5. **Calificaciones crediticias y riesgo.** En términos de riesgo, los bonos verdes suelen presentar un riesgo bajo y cuentan con calificaciones crediticias altas, lo que los convierte en una opción atractiva para inversores en busca de estabilidad.

En síntesis, los bonos verdes ofrecen al inversor una vía sólida y transparente para contribuir hacia un futuro más sostenible mientras gestiona sus inversiones de manera segura. Así mismo, al financiar bonos verdes, el inversionista no solo obtiene retornos financieros, sino también la satisfacción de saber que está respaldando proyectos e iniciativas que aseguran su futuro y el de las generaciones venideras.

5.2. El Mercado

Los bonos verdes generalmente son subastados por el emisor en el mercado de valores nacional. En Colombia, para el caso de las empresas y los bancos, este mercado se conoce como la BVC Sostenible, una sección de inversión de la Bolsa de Valores de Colombia que está en funcionamiento desde el 2017, donde se puede invertir en títulos temáticos, ya sean verdes, sociales o sostenibles (Espinosa, 2018). Las subastas que se realizan en este lugar suelen hacerse bajo la metodología holandesa, que consiste en empezar con un precio alto e ir descendiendo gradualmente hasta que un postor acepta el precio. Pero antes de la subasta se suele hacer una

Oferta Pública en donde se destacan todas las características importantes del bono, como cupón, plazo, valor nominal, etc. (Banco de Bogotá, 2020).

Tomando como referencia la resolución 3609 del 30 de diciembre de 2022, se puede decir que los bonos verdes soberanos de Colombia o TES Verdes suelen subastarse como los TES normales en la sección de subastas del Banco de la República, siempre y cuando, el Director General de Crédito Público y Tesoro Nacional autorice colocarlos en el mercado primario. Por otro lado, aquellos bonos que se compran por fuera del mercado principal suelen ser emisiones privadas pactadas con antelación entre el emisor y el inversor, tal como sucedió con el primer bono verde de Colombia, en donde Bancolombia y la IFC se pusieron de acuerdo para realizar dicha transacción.

En resumen, como se indica en la Tabla 2, los lugares de emisión de estos bonos suelen ser tres: (1) la Bolsa de Valores de Colombia Sostenible; (2) la sección de subastas del Banco de la República, y (3) el segundo mercado o el mercado de las emisiones privadas, en donde inversores calificados como la IFC o la Financiera de Desarrollo Nacional acuerdan con un emisor la compra de uno o más tramos dentro de un periodo establecido.

A continuación, en la Tabla 3, con el objetivo de apreciar la alta demanda de los bonos verdes por parte de los inversionistas, se presenta el Bid to Cover (total demandado / valor nominal bono) de los tramos emitidos en el mercado principal.

Denominación dada a los Bonos Verdes Emitidos	**Valor Nominal (Millones de COP)**	**Monto Demandado (Millones de COP)**	**Bid to cover**
Bancóldex 2017	200.000	419.700	2,10
Bancolombia 2018	153.306	280.706	1,83
	146.694	284.810	1,94

ISA 2020	160.000	437.330	2,73
	139.998	323.466	2,31
Banco de Bogotá 2020	114.000	425.730	3,73
	186.000	487.541	2,62
Gobierno de Colombia 2021	750.000	2.300.000	3,07
	650.000	947.000	1,46
Gobierno de Colombia 2022	500.000	516.000	1,03
Banco Finandina BIC 2022	47.121	178.401	3,79
	80.855	86.355	1,07
Bid to Cover Promedio		**2,31**	

Tabla 3. *Bid to cover de los títulos verdes emitidos en el mercado principal.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información proporcionada por BVC (2023) y MinHacienda (2022).

En la Tabla 3, se observa que el Bid to Cover de los 12 bonos verdes emitidos en el mercado primario es de 2,31. Es decir, en el mercado principal, el valor nominal de los bonos verdes suele ser demandado, en promedio, 2,31 veces por los inversionistas. Aquello puede ser interpretado como algo positivo para el mercado de bonos verdes ya que se suele demandar dos bonos en lugar de uno, por así decirlo. Lo anterior, significa que los instrumentos verdes están teniendo una buena acogida por parte de los inversores, que aunque no es supremamente alta, por lo menos supera el valor nominal de los bonos, en promedio, en 1,3 veces más.

Como datos a destacar de la misma tabla, se tiene que la demanda más alta se dio con la emisión del primer bono verde soberano de Colombia, el cual obtuvo un valor demandado de COP 2,3 billones. Por otro lado, en términos de las veces que un valor nominal ha sido más

demandado se tiene al primer tramo del Banco Finandina BIC, el cual fue demandado 3,79 veces su valor nominal.

Se puede concluir que existen tres lugares donde se emiten bonos verdes. Dos de ellos pertenecen al mercado primario y colocan estos títulos mediante subastas. El tercero corresponde al segundo mercado, donde organizaciones internacionales como la IFC o la Financiera de Desarrollo Nacional suelen comprar estos bonos en emisiones privadas. Por otro lado, dado que el mercado principal es el único que permite observar el comportamiento de la demanda de estos títulos verdes, según los datos mostrados en la Tabla 3 se puede indicar que, en términos generales, estos instrumentos tienen una buena acogida en el mercado y una demanda que siempre supera el valor nominal de los bonos emitidos.

5.3. Bonos Verdes en Colombia

5.3.1. Marco Jurídico

Los bonos verdes en Colombia se encuentran respaldados por un marco jurídico que ha sido diseñado para fomentar la inversión en proyectos ambientales, así como la financiación de dichos proyectos a través de los mercados de capitales. A continuación, se presentan las principales disposiciones legales y normativas vigentes relacionadas con los bonos verdes:

- **Ley 1715 de 2014**. Esta ley elimina cargas tributarias para los proyectos relacionados con energías renovables con la intención de incentivar y favorecer el cambio hacia fuentes de energía más amigables con el medio ambiente.
- **CONPES 3934 de 2018 (Política de Crecimiento Verde).** Este documento establece la política nacional de crecimiento verde en Colombia y busca promover la transición hacia una economía más sustentable.

- **Taxonomía Verde**. La Taxonomía Verde es un marco de clasificación de actividades económicas que permite identificar aquellas que contribuyen al logro de los objetivos ambientales de la Agenda 2030 y del Acuerdo de París (MinHacienda, s.f.).

- **Guía de Buenas Prácticas para las Emisiones de Bonos Verdes.** Es un documento en el cual la Superintendencia Financiera de Colombia comparte pautas con relación a la emisión de bonos verdes colombianos (Superintendencia Financiera de Colombia, 2020).

- **Decreto 926 de 2017.** El decreto especifica los beneficios tributarios de alcanzar la carbono neutralidad en relación con el impuesto que se paga por emitir gases de efecto invernadero. Esta medida incentiva a las entidades a invertir en la reducción de sus emisiones llegando al punto en el que puedan compensarlas mediante bonos de carbono o sumideros propios.

- **Marco de Referencia para la Emisión de Bonos Verdes Soberanos de Colombia.** Es un documento en donde se determinan los gastos verdes en los que el Gobierno de Colombia puede invertir, así como los principios que se deben seguir para la selección y evaluación de dichos gastos (MinHacienda, 2021).

En resumen, el marco jurídico para los bonos verdes en Colombia incluye incentivos tributarios en cuanto a la transición energética y la carbono neutralidad; una guía para la emisión de estos instrumentos financieros, y una política nacional de crecimiento verde que reconoce la importancia del financiamiento de proyectos relacionados con el cambio climático. Además, la adopción de la Taxonomía Verde y del Marco de Referencia para la Emisión de Bonos Verdes Soberanos demuestra el compromiso del país con el desarrollo sustentable, el Acuerdo de París y la Agenda 2030.

5.3.2. Bonos Verdes Emitidos durante el período 2016 – 2022

Tomando como referencia la Tabla 4, que muestra información más detallada con respecto a los bonos verdes emitidos en Colombia durante el período 2016 – 2022, se puede observar que estos valores verdes se han subastado con cupones fijos o indexados al IPC o a la IBR. Además, en cuanto a sus plazos de vigencia, la misma tabla indica que la vida útil de estos títulos suele ubicarse dentro del rango comprendido entre los 2 años y los 20 años. Por otro lado, se muestra que estos bonos se emiten en pesos colombianos, excepto uno de los tramos de Interconexión Eléctrica que se emitió en UVR. Para complementar, en cuanto a las empresas emisoras, se puede decir que Celsia Colombia o EPSA es la única que ha realizado emisiones en el segundo mercado, así como Interconexión Eléctrica es la única compañía del sector real que ha colocado sus títulos verdes en la BVC Sostenible.

Año	Fecha Emisión	Plazo (Años)	Lugar de Emisión	Emisor	Inversor	Total Emitido (millones de COP)	Finalidad de los Recursos	Cupón
2016	5 de diciembre	7	Segundo Mercado	Bancolombia S.A.	International Finance Corporation (IFC)	350.000	Créditos Verdes	IBR + 2,20%
2017	25 de abril	10	Segundo Mercado	Banco Davivienda S.A.	IFC	433.000	Créditos Verdes	IBR+2,13% N.M.V.
2017	9 de agosto	5	Bolsa de Valores de Colombia (BVC) Sostenible	Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.	Público en general, incluidos fondos de pensiones y cesantías	200.000	Créditos Verdes	Fijo = 7,10 % E. A.
2018	18 de julio	3	BVC Sostenible	Bancolombia S.A.	Público inversionista en general	153.306	Créditos Verdes	IPC + 2,60% E.A.
		5				146.694		IPC + 2,95% E.A.

2018	23 de julio	12	Segundo Mercado	Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P	IFC	70.000	Financiación de Granjas Solares	IBR + 2,695%
	7 de diciembre	10			Financiera de Desarrollo Nacional	70.000		IPC + 3,69% E.A.
2020	13 de agosto	9	BVC Sostenible	Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	Público en general, incluidos fondos de pensiones y cesantías	160.000[1]	Financiación de Proyectos de Transmisión Energética	Fijo = 6,33 % E. A.
		20				139.998		Fijo = 3,67 % E. A.
2020	24 de septiembre	3	BVC Sostenible	Banco de Bogotá S.A.	Público en General[2]	114.000	Créditos Verdes	IBR + 1,14% N.M.V.
		5				186.000		Fijo = 4,75 % E.A.
2021	29 de septiembre	10	Banco de la República	Gobierno de Colombia [Ministerio de Hacienda y Crédito Público]	Inversionistas locales y extranjeros	750.000	Financiación de Gastos Verdes Elegibles	Fijo = 7,556%
	27 de octubre	10				650.000		Fijo = 7,877%
2021	30 de noviembre	12	Segundo Mercado	Celsia Colombia S.A. E.S.P.	IFC	140.000	Financiación de Granjas Solares	IBR + 2.77%
2022	17 de marzo	3	BVC Sostenible	Banco Finandina BIC	Público en general, incluidos fondos de pensiones y cesantías	47.121	Créditos Verdes	Fijo = 10,6% E.A.
		2				80.855		IBR + 3,45% N.M.V
2022	29 de junio	9	Banco de la República	Gobierno de Colombia	Inversionistas locales y extranjeros	500.000	Financiación de Gastos Verdes Elegibles	Fijo= 11,545%

[1] El valor nominal se emitió en Unidades de Valor Real (UVR).

[2] Incluyendo las personas jurídicas, personas naturales, menores o mayores de edad que tengan capacidad de contratar, así como los extranjeros, entidades multilaterales de crédito, patrimonios autónomos, fondos de pensiones

y cesantías, fondos de inversión colectiva, fondos de capital privado, entidades aseguradoras y cualquier otro inversionista que esté en capacidad de adquirir bonos verdes

Tabla 4. *Bonos verdes emitidos en Colombia durante el periodo 2016 - 2022 [información detallada].*

Fuente. Elaboración propia a partir de información proporcionada por Banco de Bogotá (2020), Banco Finandina (2022), Bancóldex (2017), Bancolombia (2018), BVC (2023), Celsia S.A. (2023[a]), Chaves (2017), Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (2020), IFC (2016), Jánica (2018) y MinHacienda (2022).

Nota. IPC = Índice de Precios al Consumidor, IBR = Índice de Referencia Bancaria, N.M.V. = Nominal Mes Vencido y E.A. = Efectivo Anual.

De aquellos 17 tramos que se evidencian en la Tabla 4, para el periodo 2021- 2023, se han vencido 5 bonos verdes (ver Tabla 5). Estos bonos suman COP 964.000 millones que se han devuelto a los inversionistas correspondientes. De aquel capital vencido, a la International Finance Corporation se le han retornado los COP 350.000 millones que invirtió en el primer bono verde de Colombia. Por otro lado, de los COP 4,19 billones que se han emitido entre los años 2016 y 2022, quedan COP 3,2 billones aún activos en el mercado.

Emisor	Valor Nominal (millones de COP)	Fecha de Emisión	Plazo (años)	Fecha de Vencimiento
Bancolombia S.A.	350.000	5 de diciembre de 2016	7	5 de diciembre de 2023
Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.	200.000	9 de agosto 2017	5	9 de agosto 2022
Bancolombia S.A.	153.306	18 de julio de 2018	3	18 de julio de 2021
	146.694		5	18 de julio de 2023
Banco de Bogotá S.A.	114.000	24 de septiembre de 2020	3	24 de septiembre de 2023

Tabla 5. *Bonos verdes vencidos durante el periodo 2021 – 2023.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información proporcionada por BVC (2023).

Cabe resaltar que, cuando un bono verde se vence su efecto en los territorios permanece a través de los proyectos que ayudó a financiar. Sin embargo, cuando un bono verde está activo sigue expandiendo sus externalidades ambientales positivas a través de los nuevos proyectos que, con su apoyo financiero, permite ejecutar gracias a la financiación extra que otorgan los bancos. Por eso, es importante que se sigan emitiendo más bonos de este estilo para poder seguir apoyando nuevos emprendimientos verdes que, a través de sus externalidades, afecten favorablemente al desarrollo territorial en términos de sustentabilidad ambiental.

En la Figura 2 se puede observar el dinero que cada año se recauda por medio de estos bonos y contrastarlo con la cantidad de tramos emitida correspondiente. De los 6 años que se muestran en la figura, 2021, fue el año en que la cantidad de dinero emitida a través de bonos verdes fue mayor. La explicación recae en que justo ese año, el Gobierno de Colombia planeó iniciar su emisión de bonos verdes soberanos a través de 2 TES verdes que adicionaron a la liquidez estatal la cantidad de COP 1.4 billones (MinHacienda, 2022). Un monto tan grande, puede ser explicado por la gran necesidad de liquidez que, para Colombia, requiere el poder iniciar la financiación de proyectos que le ayuden a cumplir con la NDC[9] que renovó en 2020, la cual, según el Gobierno de Colombia (2020), pretende reducir en un 51% las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a las emisiones previstas para 2030.

[9] Nationally Determined Contributions.

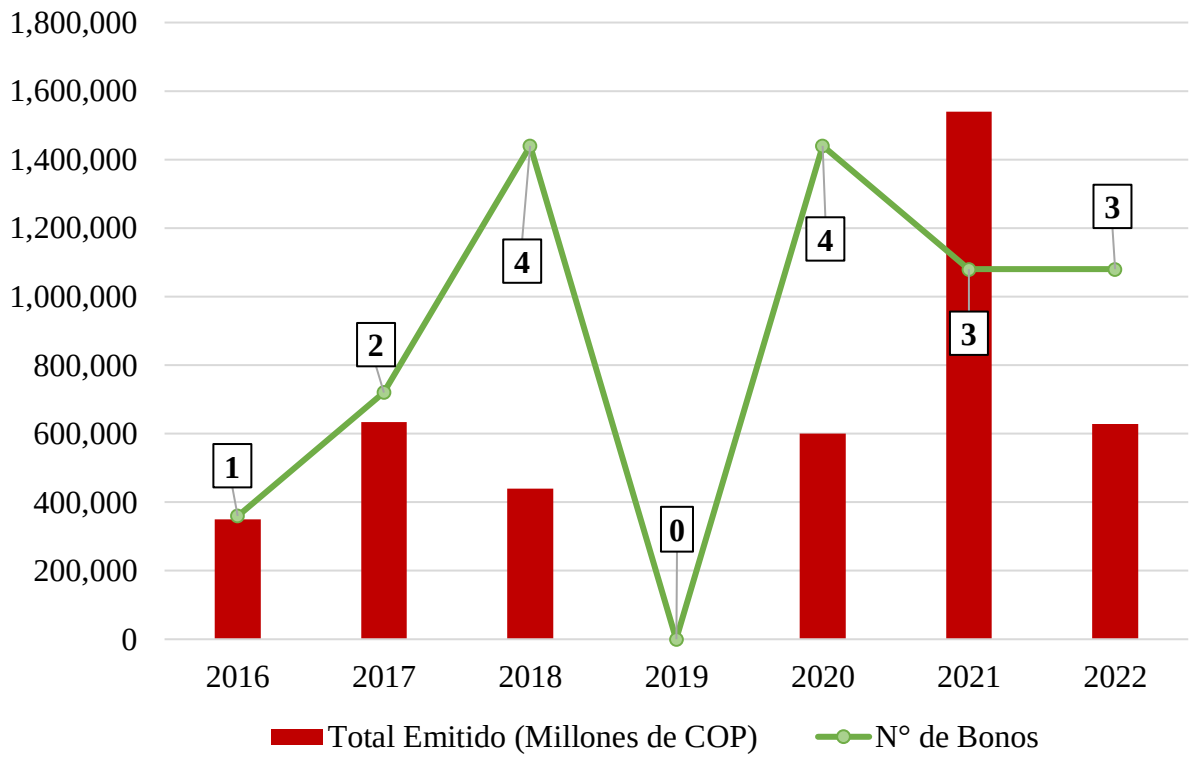


Figura 2. *Capital recaudado usando bonos verdes como medio de financiación en Colombia.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información presentada por BVC (2023), Celsia S.A. (2023ª) y MinHacienda (2022).

Nota. El número de bonos corresponde a la cantidad de tramos emitida cada año. En 2019 no se emitió ningún bono verde en Colombia. El eje de las ordenadas está en millones de COP.

En conclusión, los 17 bonos verdes que se han emitido en Colombia evidencian que estos títulos son usados por los bancos para crear créditos verdes, por las empresas para invertir en el sector energético renovable a través de proyectos propios y por el Gobierno de Colombia para avanzar en sus compromisos con el Acuerdo de París y la Agenda 2030. Además, la finalidad que comparten todos estos bonos siempre estará alineada con la crisis climática y en cómo los diferentes actores que emiten e invierten en estos títulos pueden colaborar en la gestión de riesgos y aprovechamiento de oportunidades económicas relacionadas con el cambio abrupto del

clima. A fin de cuentas, el lugar de emisión de estos bonos es simplemente una forma de organizar este mercado y más allá de la transacción que se da en estos lugares, lo realmente importante es lo que se hace con el dinero que los bonos verdes logran recaudar.

6. Proyectos Verdes en Colombia y sus Externalidades

Un proyecto es una acción planificada y coordinada que tiene como objetivo solucionar una problemática o aprovechar una oportunidad específica. Para llevar a cabo un proyecto, se requiere la utilización de recursos humanos, financieros, de capital, y materia prima. Desde una perspectiva económica, un proyecto puede ser visto como un flujo de caja que contempla los costos, gastos y beneficios asociados (Fontaine, 2008).

Como se mencionó en páginas previas, un proyecto se considera *verde* cuando aprovecha las oportunidades y gestiona los riesgos del cambio climático. En esta sección, se muestra un mapa en donde se detalla el número de proyectos verdes financiados por cada departamento, así como datos con respecto a las categorías de los proyectos financiados y las externalidades ambientales generadas. Además, se presenta un marco teórico en donde se relacionan dichas externalidades con el desarrollo territorial.

6.1. Proyectos Verdes en Colombia

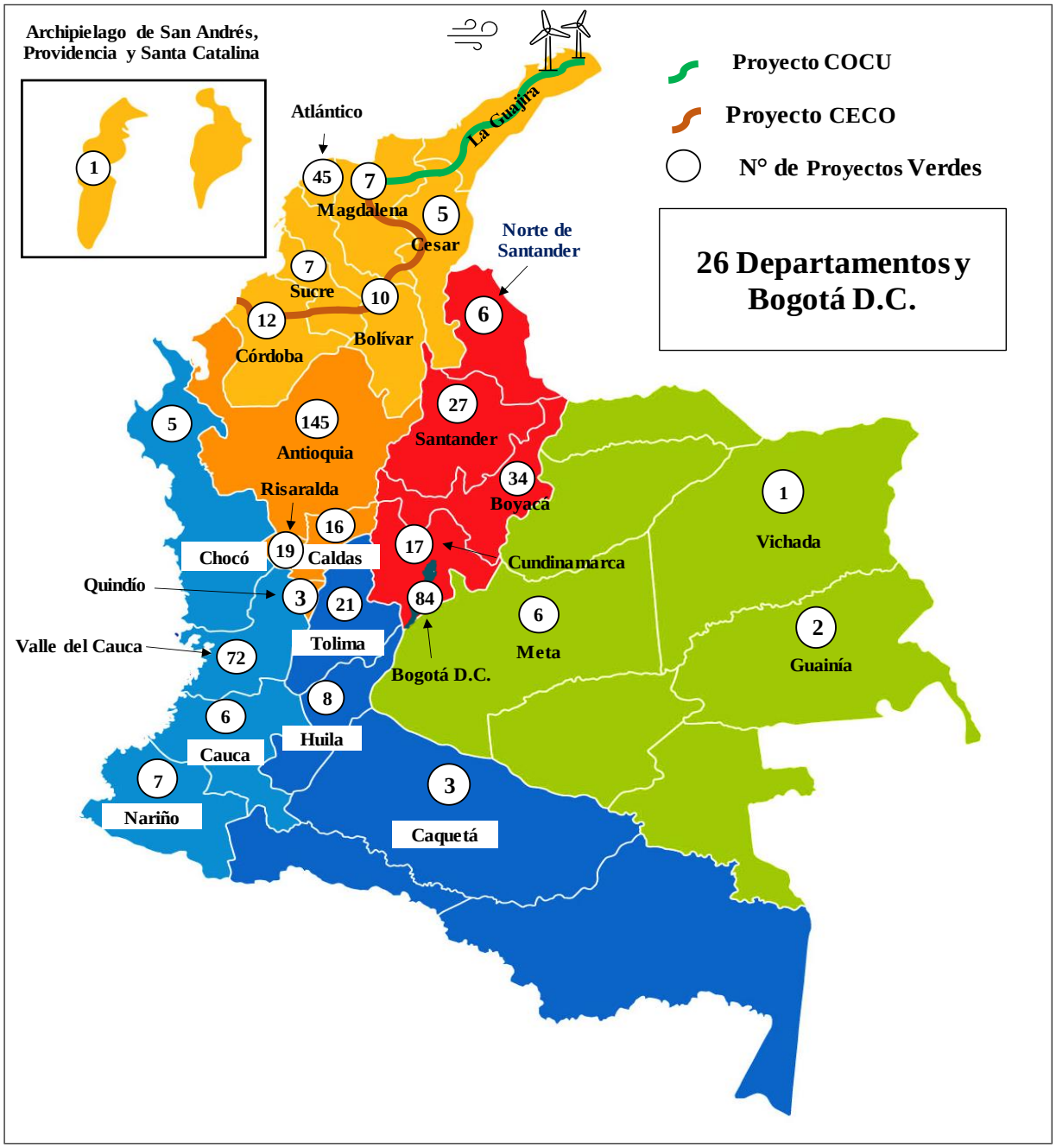
De los 17 bonos verdes emitidos en Colombia durante el periodo 2016 - 2022, se recaudaron aproximadamente COP 4,19 billones[10]. Hasta 2022, se han logrado desembolsar COP 6.1 billones[11]. Con los bonos de Bancolombia, Banco de Bogotá, Davivienda, Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), EPSA, Celsia Colombia y Bancóldex, se han logrado financiar o refinanciar 583 proyectos verdes a nivel nacional (IDB, 2023; Celsia, 2022). Sin embargo, dado que para 12 proyectos financiados por el bono verde del Banco de Bogotá no se conoce con exactitud el departamento en el que se realizaron, tanto para el modelo espacial que se va a realizar en la tercera sección como para el Mapa 1, el número total de iniciativas verdes financiadas a nivel territorial es de 571.

Como indica el Mapa 1, se han afectado 27 territorios por medio de los 571 proyectos que los bonos verdes han financiado en Colombia. Antioquia, es el departamento en el que más se han financiado o refinanciado proyectos verdes con 145 iniciativas; Bogotá D.C. es el segundo con 84 proyectos y Valle del Cauca el tercero con 72. Además, en el mismo mapa se detallan dos proyectos de ISA que tienen como finalidad transportar la energía renovable producida en La Guajira (SITAWI Finanças do Bem, 2021). Dichas iniciativas son las líneas de transmisión COCU (Cuestecitas – Copey – Fundación) y CECO (Cerromatoso – Chinú – Copey), dos proyectos que prometen facilitar la trasmisión de energía renovable en el país.

---

[10] La cantidad de proyectos verdes y el capital recaudado se calcularon utilizando datos proporcionados por Bolsa de Valores de Colombia (2023), Celsia (2022), Celsia S. A. (2023), Inter-American Development Bank (2023) y Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2022).

[11] Se tienen en cuenta los desembolsos realizados y el valor nominal del bono verde del Banco Finandina BIC.



N° de Proyectos Verdes por Emisor						Total
Bancóldex	Banco de Bogotá	Bancolombia	Davivienda	ISA	EPSA y Celsia Colombia	
482	7	16	48	2	16	**571**

Mapa 1. *Ubicación geográfica de los proyectos verdes financiados o refinanciados por los bonos verdes en Colombia durante el periodo 2016 – 2022.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información proporcionada por Banco de Bogotá (s.f.); Bancóldex (2022); Celsia S.A. (2023[b]); IDB (2023); Portafolio (2023) y SITAWI Finanças do Bem (2021).

Nota. Para el número de proyectos verdes no se contabiliza a 12 de los 19 proyectos del Banco de Bogotá. Los proyectos de los bonos verdes del Gobierno de Colombia y del Banco Finandina BIC tampoco se incluyen, ya que estas entidades no han publicado su informe de uso de recursos.

En la Figura 3 se puede observar cómo están distribuidos los desembolsos de estos bonos en relación con las categorías verdes financiadas. La cantidad total desembolsada supera a los fondos recaudados por los bonos verdes de Bancóldex, Davivienda, Bancolombia, Banco de Bogotá, EPSA, Celsia Colombia e ISA en COP 1.95 billones (IDB, 2023; Celsia S.A., 2023[a]). Es decir, los bancos han creado el 47,41%[12] de los desembolsos gracias a la financiación extra que generan. Por ende, estos emisores tienen un papel importante al ayudar a aumentar el número de proyectos financiados durante la vida útil de los bonos verdes que emiten.

Categoría	Desembolsos (Millones de COP)
Energía Renovable	961.749
Eficiencia Energética	182.737
Construcción de Edificaciones Verdes	2.775.219
Transporte Sostenible	164.923
Control de la Contaminación y Eficiencia en el Uso de los Recursos	28.621
Total	**4.113.249**

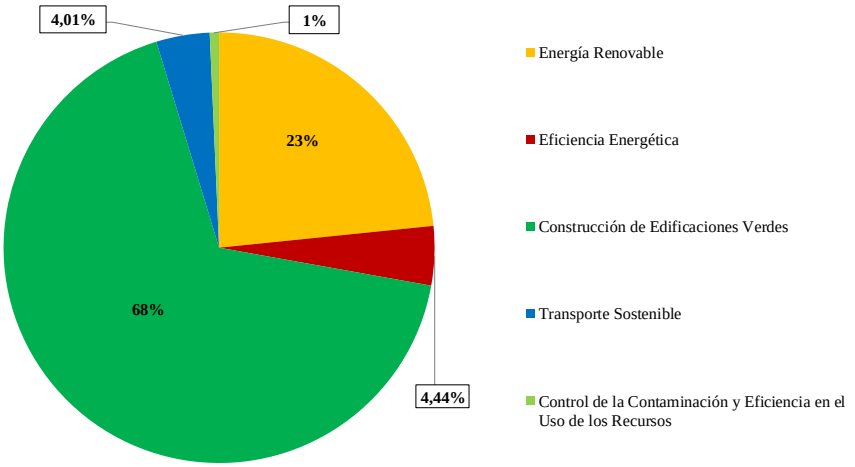


Figura 3. *Desembolsos según categoría verde (% de asignación de recursos).*

Fuente. Elaboración propia a partir de información extraída de la plataforma *Green Bonds Transparency Platform* de Inter-American Development Bank (2023). En esta base de datos se muestran los desembolsos y categorías de 583

[12] No se tienen en cuenta los valores nominales de los bonos, ya que se supone que los bancos utilizaron esta suma para desembolsar por primera vez en sus categorías verdes elegidas. Bancolombia no generó financiación extra.

proyectos financiados por los bonos verdes de Bancolombia, Bancóldex, Davivienda, ISA y el Banco de Bogotá. A partir de esa información y la que se extrae de la página web de Celsia S.A. (2023[a]) se crea esta figura.

Nota. No se tienen en cuenta los bonos verdes del Gobierno de Colombia ni los del Banco Finandina BIC para los desembolsos.

De la Figura 3, también se destaca que *Construcción de Edificaciones Verdes* es la categoría a la que más se le ha invertido el dinero de los bonos verdes con un 68% del total desembolsado. Por otro lado, la segunda categoría en la que más se invirtieron los fondos recaudados es *Energía Renovable*, con un 23% de los desembolsos, a razón de que los gases de efecto invernadero se producen usualmente al usar petróleo y carbón para crear energía (que es un caso que se da en periodo de sequía en Colombia). Y como Colombia es un país que sufre del fenómeno de la niña (lluvias excesivas) y, en especial, del niño (sequías), es necesario diversificar las fuentes de energía renovable hacia otras que no sean únicamente la hídrica, que es la que más abunda en el país, como una acción de prevención de riesgos territoriales, tal como lo está haciendo Celsia Colombia con las 16 granjas solares en las que está invirtiendo (Celsia, 2022).

En la Figura 4 se presentan los fondos desembolsados por categoría verde, contrastados con el número de iniciativas financiadas. La categoría que tiene más proyectos verdes financiados es *Eficiencia Energética*, algo vital para no desperdiciar el valioso recurso energético y poder usar al máximo la energía renovable producida. La segunda categoría con más proyectos es *Control de la Contaminación y Eficiencia en el Uso de los Recursos*, que contempla iniciativas relacionadas con el tratamiento del agua residual, el reciclaje y la reducción de residuos. Además, se puede inferir que proyectos relacionados con la construcción de edificaciones verdes requieren una mayor cantidad de financiamiento, mientras que las

iniciativas de eficiencia energética suelen requerir una menor cantidad. Por ende, que en una categoría verde se invierta más dinero no significa exclusivamente que se financien más proyectos, ya que dependiendo de la categoría las iniciativas financiadas pueden costar más o menos.

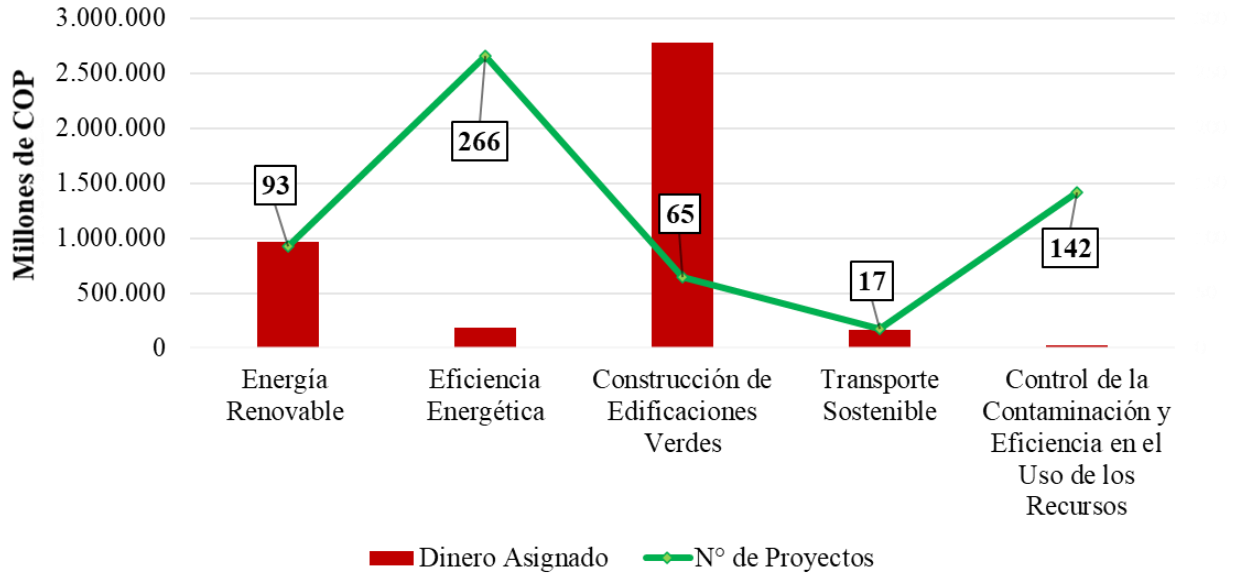


Figura 4. *Cantidad de proyectos financiados y fondos desembolsados por categoría verde.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información presentada por Inter-American Development Bank (2023) y Celsia S.A. (2023[a]).

Nota. No se tienen en cuenta los bonos verdes del Gobierno de Colombia ni los del Banco Finandina BIC para los desembolsos.

Los proyectos verdes suelen utilizar Key Performance Indicators (KPIs) para evaluar su rendimiento en relación con los objetivos establecidos por los gestores de cada iniciativa ambiental. En la Tabla 6, se puede apreciar la materialización de los proyectos verdes en buses, vehículos eléctricos, empleos, residuos gestionados, la reducción del consumo de combustibles fósiles, infraestructuras energéticas, etc. Con respecto a esto, se podría decir que estos KPIs permiten evidenciar cómo los proyectos verdes afectan los territorios al incentivar el consumo de

alternativas sostenibles, reducir la contaminación, fortalecer el sistema energético y generar empleos.

Key Performance Indicators	**Valor**
Toneladas de Residuos Desviados del Vertedero	22.397
Toneladas de Residuos Reducidos	87.656
Capacidad Instalada (MW)	200
Energía Ahorrada (Mwh)	155.427
Consumo de Diesel evitado (Galones)	360.000
Consumo de Carbón Evitado (Toneladas)	504
Consumo de Gas Natural Evitado (m^3)	788.277
N° de Leds instalados	57.600
N° de Medidores Instalados	14.000
N° de Buses Comprados	24

Kilómetros de Infraestructura vial mejorada	20
Empleo Generado (# de empleos directos o indirectos)	1.233

Tabla 6. *KPIs de proyectos verdes financiados.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información presentada por Celsia S.A. (2023[b]) e IDB (2023).

Nota. Los KPIs son de proyectos financiados por los bonos verdes de Bancóldex, Celsia Colombia, EPSA y Banco de Bogotá.

En la Figura 5 se presenta una gráfica que ilustra la energía producida anualmente, las toneladas de CO2e[13] evitadas y reducidas, y el área de edificaciones verdes con certificaciones EDGE o LEED[14] que fueron construidas, entre los años 2017 y 2022. Es importante tener en cuenta que los datos que muestra la figura son acumulativos; es decir, lo que se muestra en 2018 incluye lo de 2017 y cualquier nueva información generada por proyectos implementados en 2018. Dado que cada proyecto verde tiende a generar datos similares cada año, en casos como la energía, el área construida o adecuada, y los gases de efecto invernadero reducidos o evitados.

[13] El CO2e o *dióxido de carbono equivalente* es una forma de expresar las emisiones de otros gases (como metano, óxido nitroso, etc.) en términos del equivalente en dióxido de carbono, que es el gas de efecto invernadero más común y el más utilizado como referencia.

[14] EDGE = Excellence in Design for Greater Efficiencies y LEED = Leadership in Energy and Environmental Design.

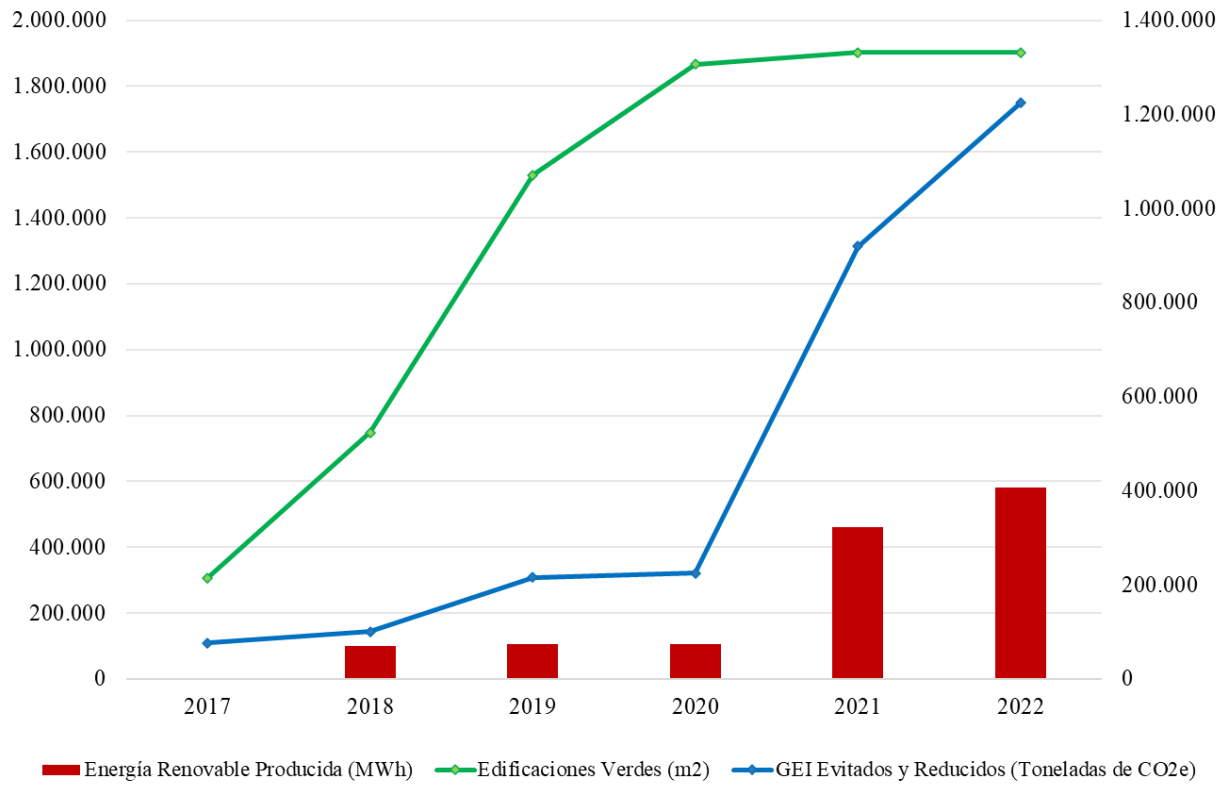


Figura 5. *Relación de los gases de efecto invernadero evitados o reducidos con la energía renovable producida y la construcción de edificaciones verdes.*

Fuente. Elaboración propia a partir de información proporcionada por Celsia S.A. (2023[b]) e IDB (2023).

Nota. Los datos que se muestran en esta figura corresponden a proyectos financiados por los bonos verdes de Bancolombia, Davivienda, Bancóldex, EPSA, Celsia Colombia y Banco de Bogotá. 2017 no cuenta con datos sobre la producción de energía renovable de ese año. El eje de las ordenadas que se encuentra a la derecha corresponde al eje Y de los GEI evitados y reducidos, mientras que el de la izquierda corresponde el eje Y de las edificaciones verdes y de la energía renovable producida.

La Figura 5 muestra la relación inversamente proporcional que tienen las energías renovables y las edificaciones verdes con las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto justifica que las dos categorías en las que más se invirtieron los recursos de los bonos verdes

hayan sido *Construcción de Edificaciones Verdes* y *Energías Renovables* (ver Figura 3), ya que son categorías importantes para la reducción de emisiones.

A razón de que el cambio climático es provocado por el desequilibrio natural que causan los gases de efecto invernadero en la atmósfera (IPCC, 2018), se puede afirmar que las dos categorías en las que se invirtieron más recursos de los bonos verdes ayudan en la prevención de riesgos climáticos. Esto se debe a que contribuyen a reducir la principal causa del calentamiento global: el exceso de estos gases en el ambiente.

A continuación, se presenta un marco teórico que se utiliza para la formulación de la ecuación base con la que se crea el modelo espacial que permitirá analizar la relación que existe entre las externalidades ambientales de los bonos verdes y el desarrollo territorial colombiano.

6.2. Externalidades Ambientales y Desarrollo Territorial

En primer lugar, es importante aclarar que con la siguiente expresión: “Externalidades Ambientales de los Bonos Verdes”, se quiere dar a entender que los bonos verdes crean externalidades ambientales, no precisamente con su emisión, sino cuando los recursos de estos títulos de deuda afectan al territorio a través de los proyectos verdes que financian. Por ende, la idea con la que parte el análisis que se realizará en la tercera sección es que las externalidades ambientales, que cada proyecto verde genera en su entorno, terminan beneficiando al desarrollo territorial cuando impulsan la dimensión sustentable del mismo.

Luego de aclarar la anterior expresión, es necesario entender el término: “Desarrollo Territorial”. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (s.f.) el desarrollo territorial es: “un proceso de construcción social del entorno, impulsado por la interacción entre las características geofísicas, las iniciativas individuales y colectivas de

distintos actores y la operación de las fuerzas económicas, tecnológicas, sociopolíticas, culturales y ambientales en el territorio" (párr. 1).

Alburquerque y Dini (2008) señalan que dicho proceso de construcción social se compone de 4 dimensiones, que son: (1) desarrollo económico local o territorial, (2) desarrollo humano, (3) desarrollo social e institucional y (4) desarrollo sustentable ambientalmente. En la Figura 6, se pueden observar los componentes de cada dimensión.

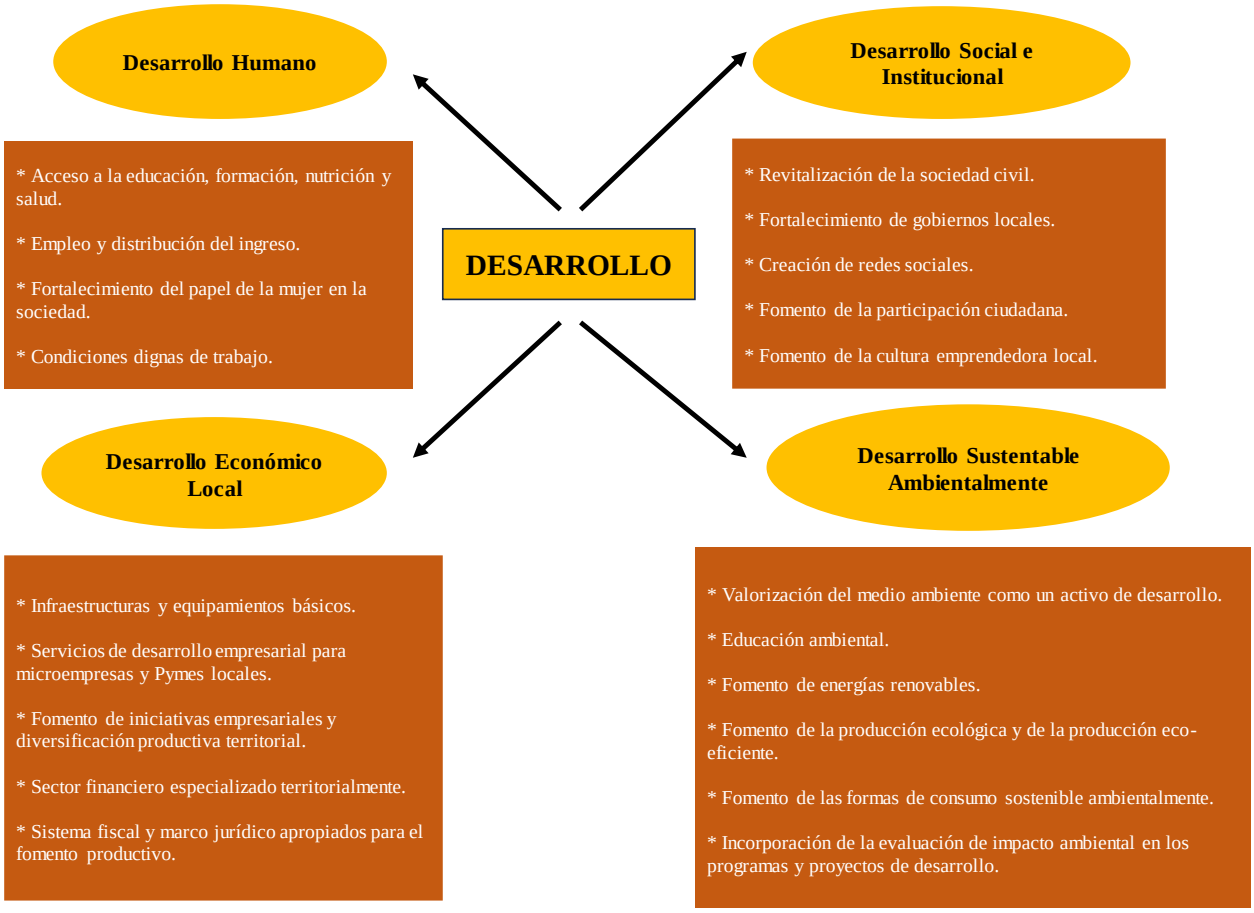


Figura 6. *Dimensiones del desarrollo territorial integral.*

Fuente. Elaboración propia a partir de la página 13 de la *Guía de aprendizaje sobre integración productiva y desarrollo económico territorial* de Alburquerque y Dini (2008).

Los aspectos que se resaltan sobre cada dimensión del desarrollo territorial en la Figura 6 pueden ser tomados como componentes importantes para que cada dimensión avance, y así mismo, se logre afectar de la mejor manera al desarrollo integral de los pueblos. El cual, si es puesto como ecuación, se representaría de la siguiente manera:

$$Dti = Dh + Dsi + Del + Dsa \quad (1)$$

En donde, *Dti* corresponde al desarrollo territorial integral; *Dh* representa al desarrollo humano; *Dsi* significa desarrollo social e institucional; *Del* hace referencia al desarrollo económico local y, *Dsa* es el desarrollo sustentable ambientalmente.

Todas las dimensiones que componen al desarrollo territorial integral son realmente importantes para que un territorio sea una construcción social con la cual todos se sientan a gusto, en ámbitos como la seguridad, la salud, la inclusión, los derechos humanos, el medio ambiente, la satisfacción de las necesidades básicas y el aseguramiento de los recursos del mañana. Dado que el desarrollo territorial es un proceso, los resultados de afectar a cualquiera de los componentes de cada dimensión (ver Figura 6) se consolidan plenamente en el largo plazo cuando la mayoría de las personas en la región adoptan el cambio.

Los bonos verdes son creados para afectar la dimensión sustentable del desarrollo territorial integral (ICMA, 2018; Alburquerque y Dini, 2008). El desarrollo sustentable ambientalmente, aunque no sea la variable que finalmente será afectada (ver Ecuación 1), sí terminará influyendo en el desarrollo integral de las regiones, dado que el componente ambiental es elemental para garantizar una vida plena a los ciudadanos en aspectos como la salud, el cubrimiento de necesidades básicas y el aprovisionamiento constante de recursos, tales como el agua, los alimentos y la energía.

Según Alburquerque y Dini (2008), el desarrollo sustentable ambientalmente:

> (…) representa una nueva fase de reestructuración del sistema económico, en la cual los crecientes costes ambientales deben constituir una oportunidad para buscar los incrementos de eficiencia productiva y competitividad en el uso más sostenible de los recursos. El desarrollo sustentable se considera, por tanto, como un proceso continuado de cambios (y no un estado fijo) en el cual la utilización de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones deben ser acordes con el potencial actual y futuro de las necesidades humanas (pp. 34 - 35).

Con la anterior definición en mente y teniendo en cuenta que los bonos verdes afectan a la dimensión sustentable del desarrollo territorial integral, a través de los proyectos que financian, se colocará el primer supuesto para el modelo en donde las otras tres dimensiones del desarrollo territorial permanecerán constantes, con el fin de observar cómo la dimensión que afectan los bonos verdes termina influyendo en el desarrollo territorial integral. Con este supuesto, la Ecuación 1 queda convertida en:

$$Dti = Dsa \pm \mathcal{E} \qquad (2)$$

En donde, *Dti* corresponde al desarrollo territorial integral, *Dsa* hace referencia al desarrollo sustentable ambientalmente y $\mathcal{E}$ es el símbolo de error.

De lo mencionado por Alburquerque y Dini (2008), CEPAL (s.f.) y Fontaine (2008), se puede concluir que cualquier dimensión del desarrollo territorial integral se compone de proyectos que involucran diálogos, cambios de mentalidad e implementación de nuevas técnicas (formas de hacer las cosas). Por ende, al aplicar esta teoría al contexto de esta investigación, que

se centra en los bonos verdes, sería correcto afirmar que los proyectos verdes son variables que afectan al desarrollo territorial sustentable.

Esto se debe a que, a través de estos proyectos, se fomentan las energías renovables, se valora al medio ambiente como un activo de desarrollo, se promueve la producción ecológica y ecoeficiente, se incorpora la evaluación del impacto ambiental durante su etapa de formulación y ejecución, y se alienta el consumo de alternativas sostenibles ambientalmente, como el transporte eléctrico, por ejemplo. Asimismo, se incentiva a los gestores a educarse sobre temas ambientales para sacar el máximo provecho de las iniciativas que implementan y reducir el daño que puede causar no tener en cuenta los riesgos ambientales que en el futuro se puedan presentar.

Entonces, teniendo en cuenta que los proyectos verdes afectan positivamente todos los aspectos que Alburquerque y Dini (2008) señalan, en la Figura 6, con respecto al desarrollo sustentable ambientalmente; por términos de practicidad, se coloca el supuesto de que esta dimensión del desarrollo territorial depende de los proyectos verdes y las externalidades ambientales que los bonos verdes crean, tal como se muestra en la Ecuación 3[15]. Además, se introduce un símbolo de error que involucra otros aspectos que puedan influir, como cambios en las otras dimensiones del desarrollo territorial integral, otros tipos de proyectos y eventos externos no planificados (por ejemplo, una guerra).

---

[15] La Ecuación 3 es creada para conectar a los bonos verdes con el desarrollo sustentable ambientalmente y no detalla todos los componentes que puedan influir en esta dimensión.

$$Dsa = PV + Ea \pm \mathcal{E} \quad (3)$$

En donde, *Dsa* corresponde al desarrollo sustentable ambientalmente; *PV* hace referencia a los proyectos verdes implementados en el territorio; *Ea* son las externalidades ambientales de los proyectos verdes y $\mathcal{E}$ es el símbolo de error.

Para complementar, las externalidades de los bonos verdes suelen ser tanto sociales como ambientales. Las sociales se relacionan con cambios de mentalidad, de técnicas y en concebir al medio ambiente como un activo importante en el desarrollo de los pueblos. Dentro de éstas, se incluyen las socioeconómicas, que incentivan el empleo local y el aseguramiento de los recursos del mañana, por medio de la implementación de un sistema de producción eficiente y ecológico.

Por su parte, las externalidades ambientales, que son las más importantes para los bonos verdes, según la CEPAL (2008), son:

> (…) una clase particular de externalidades (o efectos externos). No son más importantes que cualquier otro tipo de externalidad económica pero no sería posible encontrar argumentos racionales para justificar que lo son menos. Si se desea adoptar decisiones más complejas y, por lo tanto, mejores, estas externalidades deberían ser debidamente cuantificadas e incorporadas en el marco de un análisis coste - beneficio de las decisiones públicas o privadas de la sociedad. En ese caso, pueden ser contabilizadas como costes de nuestras decisiones (aumento en la morbilidad como resultado de la contaminación atmosférica, daños en propiedades inmobiliarias en zonas rurales como resultado de inundaciones por una prevención inadecuada, etc., por citar algunos ejemplos) o, en su caso, como beneficios de las mismas (i.e., la reducción de la contaminación de las aguas en la cabecera de los ríos) (p. 5).

Se cree que las externalidades ambientales de los bonos verdes suelen ser positivas una vez que los proyectos están completamente implementados. Durante la fase de implementación, sin embargo, es común observar impactos negativos que pueden ser temporales o inmediatos. Por ejemplo, durante la construcción de infraestructuras asociadas a estos proyectos, pueden surgir efectos adversos como la deforestación, la interrupción de hábitats naturales o la generación de residuos de construcción. Sin embargo, una vez que los proyectos están en funcionamiento, se espera que las externalidades ambientales sean predominantemente positivas. Por ejemplo, si se trata de un parque eólico, una vez en operación, contribuiría a la generación de energía limpia y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Dado que de las externalidades ambientales negativas que se crean, la información suele ser privada y difícil de encontrar, el modelo espacial que se realizará en la tercera sección se concentrará solo en las externalidades ambientales positivas, que, a fin de cuentas, son la finalidad de la emisión de estos bonos, y en el efecto que éstas tienen en el desarrollo territorial integral.

Para finalizar, se presenta cómo se formula la ecuación 4, que es la base con la cual se construirá el modelo espacial de la siguiente sección. Esta ecuación permite evidenciar cómo los bonos verdes al afectar la dimensión sustentable, por medio de las externalidades ambientales que crean los proyectos que financian, terminan influyendo en el desarrollo integral de los territorios.

Considerando la siguiente expresión:

$$Dsa = PV + Ea \pm \mathcal{E} \qquad (3)$$

Y teniendo en cuenta que:

$$Dti = Dsa \pm \mathcal{E} \quad (2)$$

Al sustituir la Ecuación 3 en la Ecuación 2, se obtiene la siguiente relación:

$$Dti = PV + Ea \pm \mathcal{E} \quad (4)$$

En donde, *Dti* corresponde al desarrollo territorial integral; *PV* hace referencia a los proyectos verdes implementados en el territorio; *Ea* son las externalidades ambientales de los proyectos verdes y $\mathcal{E}$ es el símbolo de error.

7. Metodología: Variables y Modelo Espacial

Antes de explicar la metodología empleada en esta monografía, es fundamental aclarar qué es la Econometría Espacial. Teniendo en cuenta a Baronio et al. (2012), en términos simples, la econometría espacial consiste en analizar cómo una variable está relacionada con su ubicación geográfica. Esto implica observar cómo el comportamiento de la variable se distribuye en el espacio y si la ubicación geográfica tiene un impacto en su comportamiento. También se pueden identificar nodos o áreas geográficas en donde la variable muestra un comportamiento particular. Un ejemplo de esto podría ser que el crecimiento económico se concentrase en Bogotá y sus alrededores, al ser este el territorio que tiene mayor aglutinación de industrias.

La econometría espacial, como campo de estudio, ha ganado relevancia debido a su capacidad para incorporar la dimensión espacial en el análisis económico, mejorando significativamente la comprensión de fenómenos que no pueden ser plenamente explicados por los modelos tradicionales. Anselin (1988) destaca la importancia de considerar la interdependencia espacial en los modelos econométricos, argumentando que ignorar la estructura espacial de los datos puede llevar a estimaciones sesgadas e inferencias incorrectas. Este punto de vista es reforzado por LeSage y Pace (2009), quienes señalan que la inclusión de efectos

espaciales en los modelos econométricos no solo mejora la precisión de las estimaciones, sino que también proporciona una comprensión más profunda de las interacciones y dependencias espaciales entre unidades económicas.

La metodología empleada en esta monografía integra la econometría espacial con el análisis correlacional y descriptivo. Para aclarar, según Sampieri (2010) y Bernal (2016), la finalidad del análisis correlacional radica en explorar cómo cambian conjuntamente dos o más variables, sin asumir de antemano la existencia de relaciones causales entre ellas. Por otro lado, el análisis descriptivo tiene como objetivo proporcionar una descripción detallada de las características de un fenómeno en particular.

Luego de haber aclarado la metodología, es importante mencionar nuevamente que la hipótesis que se desea validar con el modelo que se creará en páginas posteriores es la siguiente:

Dado que, al financiar proyectos orientados a gestionar las oportunidades y riesgos asociados al cambio climático, los bonos verdes generan externalidades ambientales positivas como: la restauración de ecosistemas estratégicos, la mejora de la adaptabilidad y resiliencia del territorio frente a eventos climáticos extremos, y la reducción de la contaminación en las áreas donde se desarrollan las iniciativas relacionadas con la gestión del agua y la adecuada disposición de los residuos. Se postula que las externalidades ambientales de los bonos verdes tienen un efecto positivo en el desarrollo territorial integral de Colombia, al impulsar la dimensión sustentable en los territorios en donde las iniciativas verdes de estos bonos son implementadas.

La anterior hipótesis se pretende validar cuando la siguiente premisa sea verdadera:

Premisa - La cantidad de proyectos verdes ejecutados en un departamento y el índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes, son variables estadísticamente significativas que tienen un efecto positivo en el desarrollo territorial.

7.1. Variables

Luego de modificar los nombres de ciertas variables en la Ecuación 4, con el objetivo de adaptarla a los datos disponibles, se obtiene la siguiente ecuación:

$$DT_i = PV_i + EAB_i \pm \varepsilon_i \qquad (5)$$

En donde,

- DT_i corresponde al índice de desarrollo territorial del departamento i.
- PV_i hace referencia a la cantidad de proyectos verdes implementados en el departamento i.
- EAB_i es el índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes para el departamento i.
- ε_i es el símbolo de error.

DT_i es la variable endógena del modelo y para representarla se emplea al índice de ciudades modernas, que es "un índice sintético y multidimensional que incorpora diversos aspectos del desarrollo integral de las ciudades, incluyendo lo social, económico, tecnológico, ambiental, institucional y de seguridad" (Observatorio del Sistema de Ciudades [OSC], 2022, p. 5). Es importante destacar que, según el OSC (s.f.), el índice de ciudades modernas:

> es una herramienta fundamental en la planificación y formulación de políticas públicas. Su enfoque multidimensional permite evaluar el estado actual de las ciudades, identificar áreas de mejora, apoyar la toma de decisiones, fomentar la conexión entre territorios y

> exponer los desafíos que enfrentan las ciudades en Colombia. Este indicador se mide en una escala de 0 a 100, donde valores más altos indican un mejor desempeño (p.1).

EAB_i es una de las variables exógenas del modelo; a través de ella, se puede evidenciar que los bonos verdes, por medio de las externalidades ambientales que generan, afectan a la dimensión sustentable del desarrollo territorial integral. El índice de sostenibilidad es el indicador que va a representar a EAB_i, porque "(…) da una idea de que tan bien se preparan los territorios en cuanto a ecosistemas, cuidado ambiental y tolerancia a desastres naturales, ya que es el promedio entre los índices de cuidado ambiental, ecosistemas estratégicos y, adaptabilidad y resiliencia." (OSC, 2022, p.18; OSC, s.f., p. 1).

Para aclarar, el índice de cuidado ambiental, que representa a la externalidad ambiental positiva: reducción de la contaminación,

> (…) muestra que tan bien está un territorio en cuanto a la disposición final de sus residuos, que tan bien están sus caudales y además en que condición está el suelo en sus zonas rurales. A mayor indicador, más efectiva es la disposición final, el porcentaje de aguas tratadas y el uso adecuado del suelo rural (OSC, s.f., p.1).

Por su parte, el índice de adaptabilidad y resiliencia, que representa a la externalidad ambiental positiva: adaptabilidad y resiliencia del territorio frente a eventos climáticos extremos, "mide que tan bien afronta un territorio los desastres naturales y que tan bien se prepara para que no ocurran y si ocurren no sufra tanto. A mayor indicador, más efectiva es la adaptabilidad y resiliencia del territorio" (OSC, s.f., p.1).

Por último, el índice de ecosistemas estratégicos, que representa a la externalidad positiva: restauración de ecosistemas estratégicos, "mide que tan bien se preparan los territorios

en cuanto a deforestación de bosques y áreas de protección de ecosistemas. A mayor indicador, menos hectáreas de bosque son deforestadas y hay más áreas de protección y bosques" (OSC, s.f., p.1).

EAB_i, al ser representada por el índice de sostenibilidad, es un promedio de los índices que representan a las externalidades ambientales positivas que pueden crear los proyectos verdes que se implementan en los departamentos de Colombia. Es importante destacar que, aunque los datos utilizados para esta variable no reflejan de manera específica las externalidades ambientales asociadas a los bonos verdes, debido a que son más generales, ofrecen una estimación aproximada de éstas.

Al analizar las categorías en las que se ha invertido el dinero recaudado por los bonos verdes en Colombia (ver Figura 3), no se encontró información que señalara algún tipo de inversión en reforestación o protección de bosques. Es decir, no se identificó algún proyecto de los 571 del Mapa 1 que afectara al índice de ecosistemas estratégicos. Esto se debe a que el Gobierno de Colombia, que tenía proyectos de este estilo, aún no ha publicado su informe de uso de recursos (MinHacienda, 2021). Por ende, se supondrá que EAB_i, a través de los índices que le componen, tiene en cuenta a proyectos que se están implementando, aunque aún no se haya hecho público su informe de uso de recursos.

Por otro lado, los datos que representan a DT_i y a EAB_i son datos de serie de tiempo; es decir, cambian a través de los años que comprenden al periodo 2016 – 2022. En cambio, para *PVi,* que es otra de las variables exógenas del modelo, la cantidad de proyectos verdes implementados es un dato transversal que muestra el número de iniciativas verdes que se han realizado en cada departamento de Colombia luego de que pasaran los 6 años del periodo de

estudio. Básicamente, los datos que se utilizan para representar a *PVi* son los que se muestran en el Mapa 1.

Para complementar, la adaptabilidad y resiliencia del territorio frente a eventos climáticos extremos es una externalidad ambiental que se deriva de las siguientes categorías: energías renovables, construcción de edificaciones verdes, eficiencia energética y transporte sostenible. Por otro lado, la reducción de la contaminación es una externalidad generada por las categorías: construcción de edificaciones verdes y, control de la contaminación y eficiencia en el uso de los recursos. Además, los proyectos verdes impulsan el diálogo con diversos actores y promueven el cambio de técnicas y mentalidades, todos aspectos fundamentales para impulsar el desarrollo territorial sustentable en las regiones.

El índice de ecosistemas estratégicos, que representa a la externalidad de restauración de ecosistemas estratégicos, es el que pueden afectar en mayor medida los proyectos verdes que está financiando el Gobierno de Colombia en su categoría de Servicios Ecosistémicos y Biodiversidad, que según MinHacienda (2021) contempla las siguientes acciones:

1. Reforestación, control de la deforestación y gobernanza forestal.
2. Protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
3. Gestión de la protección y conservación de recursos naturales.
4. Gestión de ecosistemas asociados con la provisión del recurso hídrico.
5. Investigación y fortalecimiento de capacidades para la gestión de servicios ecosistémicos y biodiversidad (p.18).

Es importante resaltar que el número de proyectos verdes realizados en cada departamento no refleja el verdadero efecto de las externalidades de estas iniciativas en los territorios, ya que las externalidades que se generan dependen de la categoría y la cantidad desembolsada en cada proyecto. Hubiese sido más preciso determinar las externalidades que se crean y su efecto en cada departamento anexando variables como la categoría del proyecto y el desembolso realizado. Dado ese escenario, se podría haber empleado datos panel para tal fin. Sin embargo, debido a que dichos datos no se encontraban desagregados para el bono de Bancóldex, el cual abarcaba más de 400 proyectos, se procedió a realizar un modelo espacial con los datos disponibles.

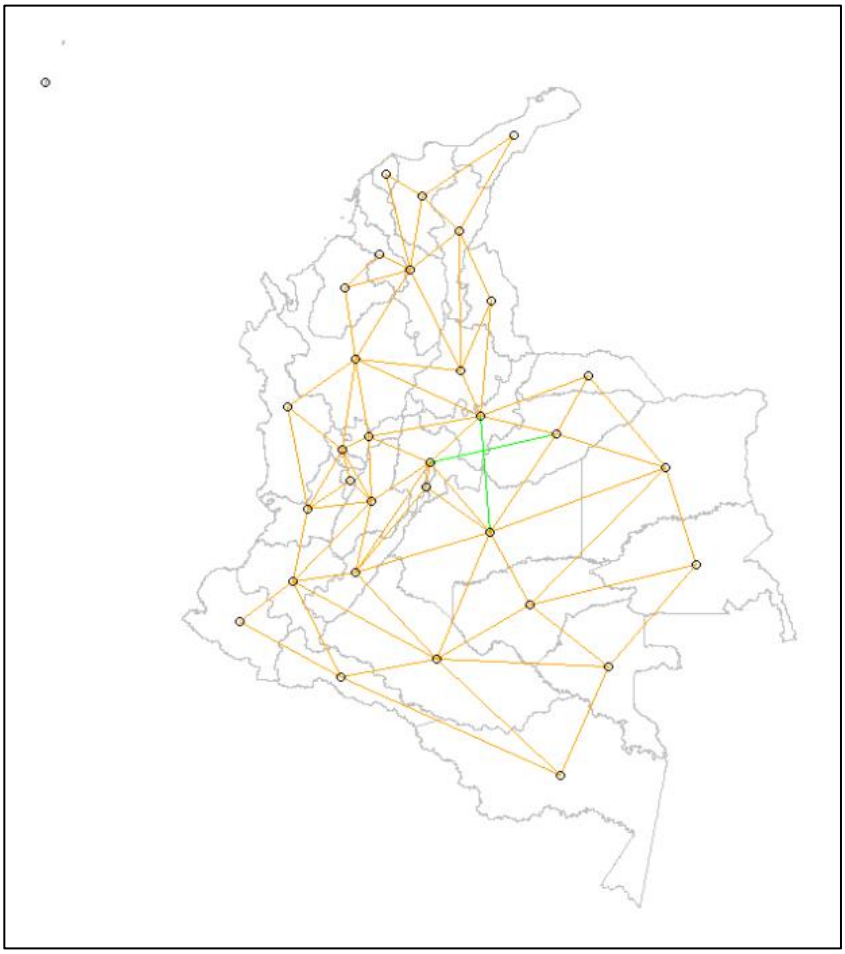
Para finalizar, cabe resaltar que, por cuestiones económicas y de privatización de datos, no fue posible incluir variables más precisas y estrechamente relacionadas con los proyectos financiados por los bonos verdes durante el periodo 2016 - 2022. Como resultado, los coeficientes que se obtendrán del modelo espacial no permitirán cuantificar de una manera más exacta el efecto que tienen las externalidades ambientales de los bonos verdes en el desarrollo territorial. Sin embargo, sí serán útiles para observar si hay un efecto positivo o no y la significancia estadística de las variables exógenas.

7.2. Modelo y Resultados

El modelo espacial se realizó utilizando Rstudio. Inicialmente, se verificó que la variable endógena, en este caso el índice de desarrollo territorial, tuviese autocorrelación espacial durante el periodo 2016 - 2022. Para poder realizar la prueba de la I de Moran, que permite verificar la autocorrelación espacial de la variable, primero se procedió a crear una matriz de pesos espaciales tipo queen; a razón de que, en comparación con la matriz torre, generaba 4 conexiones adicionales, tal como se puede observar en el Mapa 2. En dicho mapa, las líneas verdes que

resaltan sobre las naranjas representan las 4 conexiones adicionales que se formaban entre los departamentos vecinos.

Hay que tener en cuenta que, según Baronio et al. (2012), la matriz torre forma vecinos de manera similar a la disposición de la torre en el ajedrez; es decir, de manera horizontal y vertical, donde los polígonos son considerados vecinos si comparten un borde en común. En cambio, la matriz queen, tomando como referencia a los movimientos de la reina en el ajedrez, considera también vecinos a aquellos que colindan de manera diagonal con el departamento, además de los que colindan de la misma manera que la matriz torre. En ambas matrices, si dos departamentos se consideran vecinos, se les asigna un valor de 1; de lo contrario, se les asigna un valor de 0.



Mapa 2. *Matriz Queen vs Matriz Torre en el mapa departamental de Colombia.*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio.

Nota. Las conexiones de color naranja representan los vecinos formados utilizando la matriz torre, mientras que las de color verde son las 4 conexiones adicionales generadas utilizando la matriz queen.

Una vez seleccionada la matriz queen, debido a que el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina no tenía vecinos, se decidió activar el criterio *zero.policy*, el cual permite incluir en la matriz a departamentos sin vecinos. Con este criterio activado, se pudo realizar la prueba de la I de Moran para la variable endógena. Los resultados de la prueba se presentan a continuación:

Año	I de Moran	P–Valor
2016	2,9141	0,0018
2017	2,9878	0,0014
2018	3,0831	0,0010
2019	3,0933	0,0010
2020	3,2811	0,0005
2021	3,4394	0,0003
2022	3,1677	0,0008

Tabla 7. *Prueba de la I de Moran para la variable endógena***.**

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023).

Teniendo en cuenta a Gujarati y Porter (2010), los resultados de la prueba de la I de Moran, que se observan en la Tabla 7, muestran una autocorrelación espacial significativa[16] en la variable endógena durante todo el periodo 2016 - 2022. Cabe destacar que la existencia de una autocorrelación espacial significativa se verifica cuando la I de Moran es superior a 0 y el P-valor es inferior a 0,05, condiciones que se satisfacen en cada uno de los años estudiados. Por ende, se infiere que la variable endógena del modelo manifiesta una autocorrelación espacial significativa constante a lo largo del tiempo.

Es importante mencionar que, según Anselin (1988), en el test de Moran se contrastan dos hipótesis: la nula (Ho), que niega la autocorrelación espacial en los datos, y la alternativa (Ha), que afirma su presencia. La I de Moran cuantifica esta autocorrelación, variando de -1 (dispersión perfecta) a +1 (agrupación perfecta), siendo valores cercanos a 0 indicativos de aleatoriedad espacial. El p-valor asociado determina la significancia estadística de la I de Moran, donde un p-valor bajo (< 0,05) sugiere rechazo de Ho en favor de Ha, indicando autocorrelación espacial significativa. En contraste, un p-valor alto (> 0,05) sugiere insuficiente evidencia contra Ho, manteniendo la posibilidad de un patrón espacial aleatorio en los datos.

A continuación, en la Figura 7 se muestra un diagrama de dispersión del test de Moran. Para aclarar, según Anselin (1988), en este diagrama, el eje X representa el valor de la variable de interés en una ubicación específica, mientras que el eje Y muestra el promedio de los valores

---

[16] Una autocorrelación espacial significativa sucede cuando valores similares de una variable se agrupan en un espacio, y se interpreta como que el índice de desarrollo territorial de departamentos vecinos de Antioquia, como Santander y Caldas, influye en el índice de desarrollo territorial de Antioquia, al igual que el de Antioquia influye en el de sus vecinos.

de esa variable en las ubicaciones vecinas. Por otro lado, los puntos en el diagrama representan las unidades espaciales analizadas, como pueden ser regiones geográficas, puntos de muestreo, etc. La posición de cada punto refleja la relación entre el valor de la variable en esa unidad y el promedio de los valores en sus unidades vecinas. En el diagrama, una agrupación de puntos a lo largo de una línea ascendente sugiere una autocorrelación espacial significativa, indicando que unidades con valores altos (o bajos) tienden a estar rodeadas por unidades con valores similares

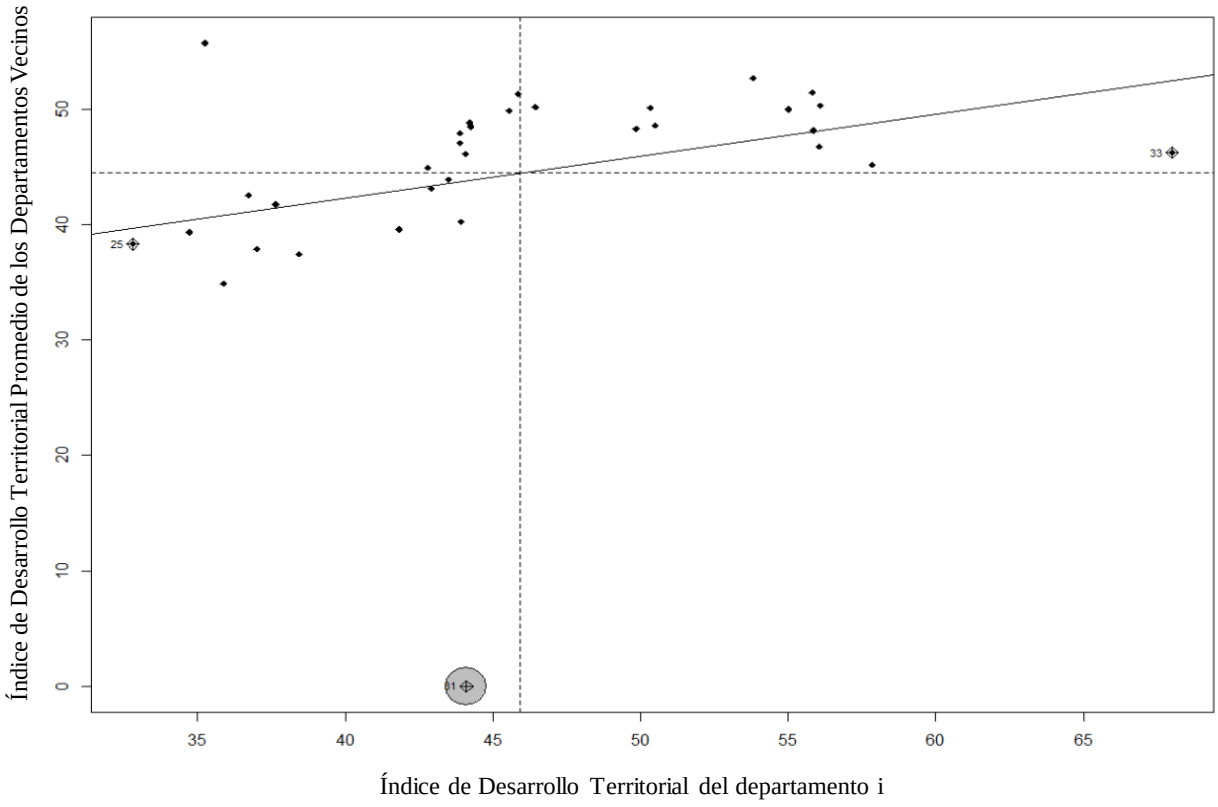


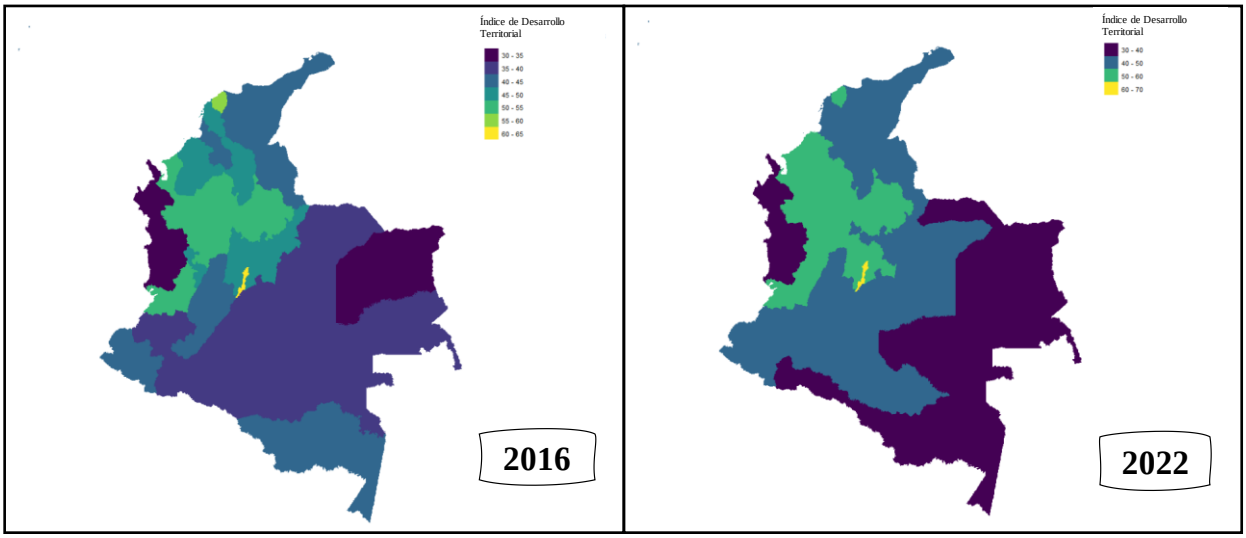
Figura 7. *Diagrama de dispersión del test de Moran para la variable endógena [año 2022].*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023).

Nota. Los puntos con número son datos atípicos. El 33 es Bogotá D.C.; el 31 es Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y el 25 es Vaupés. El índice de desarrollo territorial va de 0 a 100 puntos, en donde 0 representa ausencia de desarrollo integral y 100 que se cumplen todos los requisitos para que un departamento se considere desarrollado en todos los aspectos que evalúa el índice de ciudades modernas.

En la Figura 7 se indica que departamentos como el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; Bogotá D.C. y Vaupés muestran comportamientos atípicos. El primero, al no tener vecinos, no puede generar ningún tipo de autocorrelación espacial. El segundo, presenta niveles bastante elevados de desarrollo territorial y, el último, niveles bastante bajos. Bogotá D.C. y Vaupés, constituyen un buen contraste entre las distintas realidades de dos territorios y demuestran la importancia de tener en cuenta la cuestión espacial en el modelo.

Para visualizar cómo cambiaron los clusters del índice de desarrollo territorial colombiano entre los años 2016 y 2022, en el Mapa 3 se puede observar el comportamiento espacial de esta variable para los años mencionados.



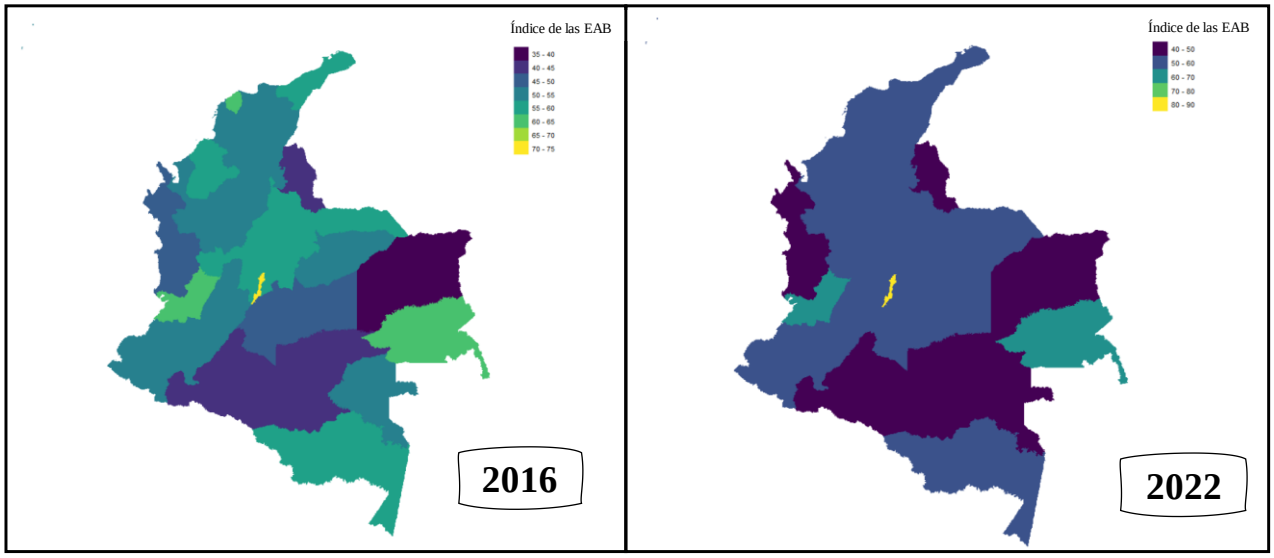
Mapa 3. *Índice de desarrollo territorial colombiano para los años 2016 y 2022.*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023).

Nota. Las escalas para cada año son distintas. El índice de desarrollo territorial va de 0 a 100 puntos, en donde 0 representa ausencia de desarrollo integral y 100 que se cumplen todos los requisitos para que un departamento se considere desarrollado en todos los aspectos que evalúa el índice de ciudades modernas.

En el Mapa 3, al contrastar los datos de 2022 con los de 2016, se puede observar, en términos generales, que el departamento del Amazonas redujo su índice de desarrollo territorial, al pasar de estar sobre 40 en 2016 a estar por debajo en 2022, formando parte del grupo de los 30-40 para ese año. De los departamentos que forman parte del grupo de los 40-50 en 2022, se puede decir que departamentos como Meta, Casanare, Caquetá, Huila y Valle del Cauca aumentaron su nivel de desarrollo en comparación con 2016. A simple vista, parece que los departamentos con niveles de desarrollo territorial que se encuentran en el rango de los 50 - 60 puntos permanecen siendo los mismos para ambos años. Además, Bogotá D.C. sigue siendo un dato atípico, con un nivel de desarrollo mayor a 60 puntos tanto para 2016 como para 2022. Como dato extra, los departamentos en donde más se implementaron proyectos verdes, que fueron Antioquia, Bogotá D.C. y Valle del Cauca (respectivamente), tienen unos niveles de desarrollo territorial superiores a 50 puntos para ambos años.

Por otro lado, es importante destacar que el Índice de las Externalidades Ambientales de los Bonos Verdes no tiene autocorrelación espacial durante el periodo 2016 – 2022, lo que significa que los índices de los departamentos vecinos no afectan al índice del departamento que se esté analizando, ni al revés. Sin embargo, es interesante observar la distribución espacial de este indicador para 2016 y 2022, la cual se muestra en el Mapa 4.



Mapa 4. *Índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes para los años 2016 y 2022.*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023).

Nota. EAB significa Externalidades Ambientales de los Bonos Verdes. El índice de las EAB va de 0 a 100 puntos. Valores más altos de este índice significan que las externalidades ambientales producidas están cada vez más cerca de alcanzar los niveles deseados por las entidades territoriales en términos de adaptabilidad y resiliencia; cuidado ambiental y, protección y restauración de ecosistemas estratégicos.

Del Mapa 4, en términos generales, se evidencia que el índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes ha mejorado con el pasar de los años, ya que no existen departamentos con un índice inferior a 40 puntos para el 2022, en donde la escala de medición se amplió hasta los 90 puntos. Además, al observar los índices para los departamentos en los que se implementaron más proyectos verdes, se puede afirmar que en Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá D.C., luego de transcurrir los 6 años que comprenden al período 2016 - 2022, este indicador mejora para los tres territorios (Ver Tabla 8).

Departamento	2016	2022
Antioquia	53,67935	57,7484
Valle del Cauca	60,19045	62,55884
Bogotá D.C.	73,3985	82,94591

Tabla 8. *Índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes para los años 2016 y 2022 de los tres departamentos con más proyectos verdes en Colombia.*

Fuente. Elaboración propia empleando datos del OSC (2023).

Después de haber verificado que la variable endógena tenía autocorrelación espacial significativa, se procedió a crear un modelo normal de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), con el fin de examinar la significancia estadística de las variables exógenas en el modelo. La ecuación del modelo de MCO, que toma como referencia la Ecuación 5, dio como resultado los coeficientes que se muestran en la Ecuación 6.

$$DT_i = 17{,}46 + 0{,}11\ PV_i + 0{,}45\ EAB_i \pm \mathcal{E}_i \qquad (6)$$

En donde,

- DT_i corresponde al desarrollo territorial del departamento i.
- PV_i hace referencia a la cantidad de proyectos verdes implementados en el departamento i.
- EAB_i es el índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes para el departamento i.
- $\mathcal{E}_i$ es el símbolo de error.

Para este modelo de MCO, tanto EAB_i, que simboliza a las externalidades ambientales de los bonos verdes a través del promedio de los 3 índices que estas afectan, como PV_i, que

representa la cantidad de proyectos verdes implementados en cada departamento, resultaron ser variables exógenas bastante significativas en el modelo. Con un nivel de confianza del 100%, pasaron la prueba de significancia al tener p-valores demasiado pequeños (Ver Tabla 9).

	T Valor	**P-Valor**	**Interpretación**
Intercepto	6,522	$4{,}43\ e^{-10}$	Significativo
EAB_i	9,185	$2\ e^{-16}$	Significativo
PV_i	9,799	$2\ e^{-16}$	Significativo

Tabla 9. *Prueba de significancia para las variables y el intercepto del Modelo de MCO.*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023), Bancóldex (2022); Celsia S.A. (2023[b]) e IDB (2023).

Nota. Las variables y el intercepto son significativos incluso con un nivel de confianza del 100%.

Luego de verificar que las variables exógenas eran significativas, es decir, influían en el comportamiento de la variable de estudio, se procedió a realizar la prueba del Multiplicador de Lagrange. Según Anselin (1988), esta prueba sirve para elegir el mejor modelo espacial según la naturaleza de los datos que se tienen. La prueba del Multiplicador de Lagrange muestra las estimaciones de pruebas seleccionadas entre cinco estadísticas para probar la dependencia espacial en modelos lineales. Las estadísticas son la prueba LM simple para la dependencia del error (LMerr), la prueba LM simple para una variable dependiente con rezago espacial faltante (LMlag), variantes de estas pruebas robustas a la presencia de la otra (RLMerr, RLMlag - pruebas RLMerr para la dependencia del error en la posible presencia de una variable dependiente rezagada faltante, RLMlag en el otro sentido), y una prueba portmanteau (SARMA, de hecho, LMerr + RLMlag).

La prueba del Multiplicador de Lagrange arrojó como resultado que el mejor modelo espacial era un Modelo de Rezago Espacial (Spatial Lag Model [SLM]), ya que el Lmlag era mejor que el Lmerr, aparte de que el Lmlag era la única prueba que pasó, al tener un p-valor menor a 0,05 bajo el supuesto de tener un nivel de confianza del 95%. En la Tabla 10, se pueden observar mejor los resultados.

		P-Valor	**¿Pasa?**
Lmerr	2,8003	0,09425	No
Lmlag	3,869	0,04919	Sí
RLMerr	0,92948	0,335	No
RLMlag	1,9982	0,1575	No
SARMA	4,7985	0,09079	No

Tabla 10. *Prueba del Multiplicador de Lagrange (a partir del modelo de MCO creado).*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023), Bancóldex (2022); Celsia S.A. (2023[b]) e IDB (2023).

Nota. La prueba se realizó asumiendo un nivel de confianza del 95%.

Teniendo en cuenta a Anselin (1988), el SLM es un modelo en donde la variable dependiente en una observación está influenciada no solo por las variables independientes tradicionales, sino también por el valor de la variable dependiente en las observaciones vecinas. Esta dependencia espacial se modela mediante un parámetro llamado "rho" (ρ), que representa el grado de influencia espacial. Un valor positivo de ρ indica que las observaciones cercanas se influyen mutuamente de manera positiva, mientras que un valor negativo indica una influencia negativa. Con ello en mente, la ecuación del modelo espacial final queda expresada como un Spatial Lag Model de la siguiente forma:

$$DT_i = 8{,}07 + 0{,}1\ PV_i + 0{,}5\ EAB_i + 0{,}19\ DT_i_Lag \pm \varepsilon_i \qquad (7)$$

En donde,

- DT_i corresponde al índice de desarrollo territorial del departamento i.
- PV_i hace referencia a la cantidad de proyectos verdes implementados en el departamento i.
- EAB_i es el índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes para el departamento i.
- DT_i_Lag es el índice de desarrollo territorial promedio de los departamentos circundantes al departamento i.
- ε_i es el símbolo de error.

En la Ecuación 7, bajo un nivel de confianza del 95%, todas las variables son significativas, excepto el intercepto, como se muestra en la Tabla 11. Que el intercepto no sea significativo se puede interpretar como que la constante del modelo no contribuye a explicar la variación de la variable endógena.

	Valor	**P-Valor**	**Interpretación**
Intercepto	8,07	0,388539	No significativo
EAB_i	0,5	0,000465	Significativo
PV_i	0,1	0,002138	Significativo
DT_i_Lag (Rho)	0,19	0,048383	Significativo

Tabla 11. *P-valor de las variables del Modelo SLM.*

Fuente. Elaboración propia utilizando Rstudio e información proporcionada por OSC (2023), Bancóldex (2022); Celsia S.A. (2023[b]) e IDB (2023).

Nota. La prueba se realizó asumiendo un nivel de confianza del 95%.

Las interpretaciones de las variables significativas son las siguientes:

- **Índice de las Externalidades Ambientales de los Bonos Verdes.** Por cada punto que incremente este índice, se espera que el índice del desarrollo territorial incremente en 0,5 puntos en el departamento en cuestión, bajo el supuesto de ceteris paribus.
- **Proyectos Verdes Implementados.** Por cada proyecto verde que se implemente en el departamento i, el índice de desarrollo territorial aumentará en 0,1 puntos, siempre y cuando las demás variables permanezcan constantes.
- **Índice de Desarrollo Territorial Promedio de los Departamentos Vecinos (Rho).** Un aumento de 1 punto en el índice de desarrollo territorial promedio de los departamentos vecinos se traduce en un aumento del 19% en el índice de desarrollo territorial del departamento i, manteniendo todas las demás variables constantes.

De los datos que arroja el modelo SLM, se puede concluir que el índice de desarrollo territorial promedio de los departamentos vecinos tiene una gran influencia en el índice de desarrollo territorial de los departamentos en Colombia. Además, se logró comprobar la premisa que se expuso páginas atrás, en donde se tenía que cumplir que la cantidad de proyectos verdes ejecutados en un departamento y el índice de las externalidades ambientales de los bonos verdes tenían que ser variables estadísticamente significativas que tuviesen un efecto positivo en el desarrollo territorial colombiano. Por ende, con la comprobación de esta premisa se ha verificado la hipótesis planteada, en donde para dar respuesta a la pregunta problema: ¿Qué efecto han tenido las externalidades ambientales de los bonos verdes en el desarrollo territorial colombiano durante el periodo 2016 – 2022?, se puede afirmar lo siguiente:

Al financiar proyectos orientados a gestionar las oportunidades y riesgos asociados al cambio climático, los bonos verdes generan externalidades ambientales positivas como: la restauración de ecosistemas estratégicos, la mejora de la adaptabilidad y resiliencia del territorio frente a eventos climáticos extremos, y la reducción de la contaminación en las áreas en donde se desarrollan las iniciativas relacionadas con la gestión del agua y la adecuada disposición de los residuos. Estas externalidades tienen un efecto positivo en el desarrollo territorial integral de Colombia, al impulsar la dimensión sustentable en los territorios en donde las iniciativas verdes de estos bonos son implementadas.

8. Conclusiones

- El crecimiento del mercado de bonos verdes en Colombia demuestra cómo la colaboración entre los sectores público y privado puede impulsar una transformación significativa en el sistema financiero. Esta sinergia fomenta la inclusión de la crisis climática como un elemento central en las estrategias de inversión, promoviendo un cambio paradigmático hacia una mentalidad más consciente y con propósito. A diferencia del enfoque tradicional, centrado exclusivamente en la rentabilidad, la inversión en bonos verdes representa un compromiso equilibrado entre obtener ganancias y contribuir positivamente al bienestar general.

- Los bonos verdes tienen una alta demanda en las subastas que se realizan en el mercado principal, ya que el Bid to Cover promedio es de 2,31; es decir, los inversores suelen demandar dos bonos en lugar de uno. En consecuencia, se espera que se sigan emitiendo más bonos verdes en los próximos años, ya que, para los emisores, la acogida que el mercado le da a estos bonos es un incentivo para sacar más de estos títulos al mercado financiero nacional.

- El modelo SLM, al que se llegó luego de realizar la prueba del multiplicador de Lagrange, permite concluir que, para analizar el efecto real que las externalidades y los proyectos verdes tienen en el desarrollo territorial colombiano, es necesario tener en cuenta la realidad del territorio donde los proyectos verdes son implementados y la de los departamentos colindantes; ya que, estas realidades pueden intensificar o atenuar la influencia que los proyectos verdes puedan tener en los departamentos en donde se implementan.

- Los departamentos donde se han implementado más proyectos verdes son Antioquia, con 145 proyectos; Bogotá D.C., con 84; y Valle del Cauca, con 72. Estos departamentos tienen un índice de desarrollo territorial que supera los 50 puntos en 2016 y aumenta para 2022. Además, entre 2016 y 2022, estos territorios han registrado mejoras en el índice de externalidades ambientales asociadas a los bonos verdes. Por lo tanto, estos datos evidencian la relación directamente proporcional que tiene el desarrollo territorial con las externalidades ambientales de los bonos verdes, que es la misma que se evidencia en el modelo SLM anteriormente presentado.

- Gracias al modelo SLM, se pudo comprobar que los proyectos que financian los bonos verdes permiten a los departamentos de Colombia avanzar en: la restauración de sus ecosistemas estratégicos; la adaptabilidad y resiliencia frente a eventos climáticos extremos y la reducción de la contaminación. Es decir, a gestionar los riesgos que en el futuro la crisis climática pueda provocar; tales como: el desabastecimiento, las inundaciones, sequías, etc.

- A pesar de que el mercado de los bonos verdes de Colombia no tiene ni una década de existencia, gracias al modelo espacial que se creó, se pudo comprobar que los proyectos verdes y las externalidades ambientales, que estos bonos ayudan a financiar, han impulsado

la dimensión sustentable del desarrollo territorial integral en Colombia durante el período 2016 – 2022.

- Dado que la categoría que ha recibido la mayor inversión de los bonos verdes es la construcción de edificaciones verdes, se puede concluir que el sector de la construcción juega un papel importante en la gestión de riesgos y oportunidades relacionadas con el clima.

- Hasta el momento, los proyectos del Gobierno de Colombia son los únicos que podrían estar impactando positivamente al índice de ecosistemas estratégicos. Esto se debe a que, dentro de sus gastos verdes, el Gobierno ha invertido en acciones enfocadas en la protección de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad nacional. Estas acciones incluyen la protección de ecosistemas vitales para el agua, como los páramos, y la reforestación de áreas degradadas (MinHacienda, 2021).

- La falta de datos desagregados y su privatización complicaron el análisis; esto se debió a que se tuvieron que emplear datos más generales para evaluar las externalidades ambientales. Asimismo, no fue posible analizar la distribución temporal de los proyectos verdes financiados por los bonos. Por lo tanto, debido a estas limitaciones en los datos, no se logró realizar un análisis tan detallado como para evaluar el impacto de las externalidades de estos bonos en los departamentos colombianos.

9. Recomendación

- El mercado de bonos verdes brinda un contexto que excluye a las pequeñas y medianas empresas de los emisores, ya que ninguna PYME ha logrado emitir un bono verde en Colombia. Sería importante verificar si esta exclusión es beneficiosa o perjudicial para el país al evaluarla desde una perspectiva holística, en donde se realice un análisis de impacto tanto

para el mercado financiero como para los territorios que han sido afectados por los proyectos, que gracias a los créditos verdes, las PYMES han logrado implementar.

10. Referencias Bibliográficas

Alburquerque, F. y Dini, M. (2008). *Guía de aprendizaje sobre integración productiva y desarrollo económico territorial*. Universidad de Sevilla. http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=35778584

Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic Publishers. https://www.academia.edu/34366842/SPATIAL_ECONOMETRICS_METHODS_AND_MODELS

Avellaneda Hortúa, M. y Rojas Jiménez, H. (2021). Capítulo 6: Bonos verdes en la Bolsa de Valores de Colombia (diciembre 2016 – diciembre 2019) Nuevo producto de inversión para enfrentar el cambio climático en M. Gómez Lee (Ed.), *Ahora o nunca: Gobernanza, coproducción y bioeconomía contra el cambio climático* (1 ed., pp. 334 – 367). Universidad Externado de Colombia. https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/07c479cf-2dad-40a1-bb3e-f92db7ff2bff/content

Banco de Bogotá. (2020, 23 de septiembre). *Aviso de oferta pública de bonos verdes de Banco de Bogotá S.A. programa de emisión y colocación de bonos ordinarios, bonos ordinarios verdes, bonos ordinarios sociales, bonos ordinarios sostenibles y bonos subordinados con cupo global por $5,000,000,000,000 de pesos. Primera emisión de bonos verdes por $300,000,000,000 de pesos*. Banco de Bogotá. https://www.bancodebogota.com/wps/wcm/connect/banco-de-bogota/4a284cf4-dc1e-4bcb-bd68-a66699996428/aviso-de-oferta-publica.pdf?MOD=AJPERES

Banco de Bogotá. (s.f.). *Renta Fija*. Banco de Bogotá. https://www.bancodebogota.com/wps/portal/banco-de-bogota/bogota/relacion-inversionista/emisiones/renta-fija

Banco de Comercio Exterior de Colombia. (2017, 8 de agosto). *Aviso de oferta pública primera emisión de bonos ordinarios bonos verdes programa de emisión y colocación*. Bancóldex. https://www.bancoldex.com/sites/default/files/10092_bancoldex_subasta_holandesa_bonos_verdes_pag_lr_agosto_8.pdf

Banco de Comercio Exterior de Colombia. (2022). *5to Reporte de Bonos Verdes*. Bancóldex. https://www.bancoldex.com/sites/default/files/5to_reporte_bonos_verdes_-_f2.pdf

Banco Finandina. (2022, 16 de marzo). *Aviso de oferta pública.* Banco Finandina. https://www.bancofinandina.com/docs/default-source/inversionistasdocs/informacion-relevante/aviso-primer-lote-decima-emision-bonos-del-pec-primera-emision-de-bonos-verdes.pdf?sfvrsn=91f27f5a_0

Bancolombia. (2018, junio). *Primera emisión de Bonos Verdes con cargo al Programa de Emisión y Colocación* [Presentación de PowerPoint]. Grupo Bancolombia. https://www.grupobancolombia.com/wcm/connect/www.grupobancolombia.com15880/aa5c3743-719c-4208-8fa0-a31bcc95a59e/Presentacion%2BMercadeo%2BBancolombia%2B15062018.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nPyTSuO

Baronio, A., Vianco, A. y Rabanal, C. (2012). *Una introducción a la econometría espacial.* Econometricos. https://econometricos.com/wp-content/uploads/2012/11/Espacial.pdf

Bernal, C. A. (2016). *Metodología de la investigación: Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (4ª ed.). Pearson. https://www.academia.edu/44228601/Metodologia_De_La_Investigaci%C3%B3n_Bernal_4ta_edicion

Bolsa de Valores de Colombia. (2023, 25 de octubre). *Histórico de emisiones bvc sostenible* [Archivo Excel]. BVC. https://www.bvc.com.co/instrumentos-sostenibles

Casa de Bolsa. (2021, octubre). *Subasta TES verde Segunda y última de 2021* [Presentación de PowerPoint]. Casa de Bolsa. https://www.casadebolsa.com.co/documents/1726188/2471311/Octubre-2021-Subasta-TES-Verde-Segunda-y-ultima-del-a%C3%B1o.pdf/4802e636-4094-50ba-0c2a-cc9d243f5e07?t=1634851027457

Celsia. (2022). *Financiación Consciente*. CELSIA. https://reporteintegrado2021.celsia.com/wp-content/uploads/2022/03/financiacion-consciente.pdf

Celsia S.A. (2023[a]). *Información relevante*. CELSIA. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de https://www.celsia.com/es/inversionistas/celsia/informacion-relevante/

Celsia S.A. (2023[b]). *Nuestras granjas solares.* CELSIA. Recuperado el 25 de noviembre de 2023 de https://www.celsia.com/es/granjas-solares/?country=colombia-granjas-solares

Chaves, M. (2017, 9 de marzo). Bancolombia recibió premio por bonos verdes. *La República*. https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/bancolombia-recibio-premio-por-bonos-verdes-2481621

Cifuentes Vergara, G., Gómez Sepúlveda, M. y López Escobar, J. (2021, 25 de febrero). *Bonos Verdes en Colombia, Historia y Para Dónde Vamos.* Finance and Investment Club – Universidad de los Andes, Colombia. Recuperado el 12 de mayo de 2023 de https://www.ficuniandes.com/post/bonos-verdes-en-colombia-historia-y-para-d%C3%B3nde-vamos

Climate Bonds Initiative. (2021). *Latin America & Caribbean State of the Market 2021*. https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_lac_2020_04e.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2008, junio). *Análisis económico de externalidades ambientales. Guía para decisores*. CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/3624-analisis-economico-externalidades-ambientales-guia-decisores

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). *Desarrollo territorial*. CEPAL. Recuperado el 12 de mayo de 2023 de https://www.cepal.org/es/subtemas/desarrollo-territorial

DW Documental. (2018, 1 de marzo). *Kiribati: El paraíso del Pacífico | DW Documental* [Video]. DW Documental. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=Pg6a-lkQnc4&t=127s

DW Documental. (2022, 15 de julio). *Un año tras las inundaciones en Alemania | DW Documental* [Video]. DW Documental. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=wF9oUIa_Anc&t=269s

DW Español. (2023, 20 de julio). *El cambio hacia un futuro verde* [Video]. DW Español. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=xLL0vpg0gxA

Espinosa, L. (2018, 17 de agosto). La bolsa de valores hizo el lanzamiento oficial de BVC Sostenible. *La República.* https://www.larepublica.co/finanzas/la-bolsa-de-valores-hizo-el-lanzamiento-oficial-de-bvc-sostenible-2760936

Fontaine, E. (2008). *Evaluación Social de Proyectos* (12 ed.). Pearson Educación de México S.A. de C.V. https://www.academia.edu/36492566/fontaine_ernesto_evaluaci%C3%B3n_social_de_proyectos

García Arbeláez, C., Vallejo López, G., Higgings, M. y Escobar, E. (2016). *El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático*. 1 ed. WWF-Colombia. Cali, Colombia. 52 pp. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/el_acuerdo_de_paris__asi_actuara_colombia_frente_al_cambio_climatico.pdf

Gobierno de Colombia. (2020). *Nationally Determined Constributions Registry: Actualización NDC Colombia – 2020*. United Nations Climate Change. Recuperado el 10 de mayo de 2023 de https://unfccc.int/NDCREG

Grupo Bancolombia. (2018, 30 de noviembre). *Bonos verdes: una forma de inversión que cuida el medio ambiente*. Bancolombia. Recuperado el 10 de mayo de 2023 de https://www.bancolombia.com/negocios/actualizate/sostenibilidad/bonos-verdes-finacian-la-sostenibilidad

Gujarati, D. y Porter, D. (2010). Econometría (5.ª ed.). McGraw Hill Education. Recuperado de https://vdocumento.com/econometria-damodar-n-gujarati-5ta-edpdf.html

Inter-American Development Bank. (2023). *Bonds: Colombia* [Datos]. Green Bond Transparency Platform. Recuperado el 23 de noviembre de 2023 de https://www.greenbondtransparency.com/bonds/?jurisdiction=Colombia

Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (2020, 12 de agosto). *Aviso de Oferta Pública.* ISA. https://www.isa.co/wp-content/uploads/2021/01/aviso-de-oferta-publica-del-decimo-cuarto-tramo-de-bonos-del-programa-de-emision-y-colocacion-de-valores-de-deuda-publica-interna-de-isa-bonos-verdes.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Editado por V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, y T. Waterfield]. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157940

International Finance Corporation. (2016, 5 de diciembre). *Bancolombia culminó con éxito su primera emisión de bonos verdes por COP 350.000 millones; la IFC la adquirió en su totalidad*. IFC. Recuperado el 12 de mayo de 2023 de https://pressroom.ifc.org/all/pages/PressDetail.aspx?ID=26013

International Finance Corporation. (2017, 25 de abril). *Davivienda emite bonos verdes por COP 433,000 millones para impulsar proyectos para mitigar el impacto del cambio climático; IFC adquirió la emisión en su totalidad*. Recuperado el 24 de noviembre de 2023 de https://pressroom.ifc.org/all/pages/PressDetail.aspx?ID=24917

Jánica, F. (2018, 17 de octubre). *Declaración de Aseguramiento Limitado Independiente sobre la Post-emisión del Bono Verde del Banco Davivienda S.A*. EY.

https://sostenibilidad.davivienda.com/politics/Carta-de-verificacion-Davivienda-Bonos-Verdes-VF.pdf

Kenton, W. (2022, 31 de diciembre). *Externality: What it means in economics, with positive and negative examples – Externality* [Fotografía]. Investopedia. Recuperado el 15 de mayo de 2023 de https://www.investopedia.com/terms/e/externality.asp

LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*. CRC Press. https://www.researchgate.net/publication/339938974_LeSage_Pace_2009_Introduction_to_Spatial_Econometrics_Statistics_A_Series_of_Textbooks_and_Monographs

Maltais, A., y Nykvist, B. (2020). Understanding the role of green bonds in advancing sustainability. *Journal of Sustainable Finance and Investment*, 11(3), 233–252. https://doi.org/10.1080/20430795.2020.1724864

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2021, julio). *Marco de referencia de bonos verdes soberanos de Colombia*. https://www.irc.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=/ConexionContent/WCC_CLUSTER-169891//idcPrimaryFile&revision=latestreleased

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022, 29 de junio). Colombia subasta TES verdes 2031 por $500.000 millones, emisión alcanza un saldo de $2.1 billones. GOV.CO. Recuperado el 25 de noviembre de 2023 de https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC_CLUSTER-198114%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (s.f.). *Taxonomía verde de Colombia*. https://www.taxonomiaverde.gov.co/webcenter/portal/TaxonomaVerde

Murcia Bejarano, A. (2021). *Emisión de Bonos Verdes para una Economía Sostenible en Colombia.* Universidad Externado de Colombia. https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2021/12/Emisio%CC%81n-de-Bonos-Verdes-para-una-Economi%CC%81a-sostenible-en-Colombia.pdf

Observatorio del Sistema de Ciudades. (2022, mayo). *Memorias de Cálculo Índice de Ciudades Modernas (ICM)*. GOV.CO. https://osc.dnp.gov.co/media/com_inicio/img/Memorias-Calculo-ICM-2021.pdf

Observatorio del Sistema de Ciudades. (2023, 12 de diciembre). *Resultados Índice de Ciudades Modernas 2023: Base de Datos* [Archivo Excel]. GOV.CO. Recuperado el 14 de enero de 2024 de https://osc.dnp.gov.co/

Observatorio del Sistema de Ciudades. (s.f.). *Resultados Índice de Ciudades Modernas 2023: Metadatos* [Archivo Excel]. GOV.CO. Recuperado el 27 de noviembre de 2023 de https://osc.dnp.gov.co/

Portafolio. (2023, 15 de noviembre). Celsia inaugura dos nuevas granjas solares en el Valle del Cauca. *Portafolio.* https://www.portafolio.co/energia/la-victoria-1-y-2-los-nuevos-parques-solares-de-celsia-592322

Resine Nici, R. (2019). *Beneficios de los bonos verdes sobre sus emisores e inversionistas en Colombia* [Proyecto de Grado, Pontificia Universidad Javeriana]. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/46733/Proyecto%20de%20grado%20RRN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rozo Bonilla, J. (2022). “Greenium” en Colombia: estudio de caso del mercado de bonos verdes a partir de un modelo estructural de dos factores [Tesis, Universidad Nacional de Colombia]. Red

de Repositorios Latinoamericanos. Recuperado el 15 de mayo de 2023 de https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3415259#:~:text=Esta%20tesis%20aborda%20aspectos%20fundamentales%20para%20el%20desarrollo,riesgo%20estoc%C3%A1stico%20que%20incorporan%20efectos%20clim%C3%A1ticos%20y%20econ%C3%B3micos

Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación* (5.ª ed.). McGraw-Hill. https://www.academia.edu/20792455/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_5ta_edici%C3%B3n_Roberto_Hern%C3%A1ndez_Sampieri

Santos, J. (2022, 10 de junio). Los ODS: una iniciativa colombiana para el mundo. *El Tiempo.* https://www.eltiempo.com/mundo/los-ods-una-iniciativa-colombiana-para-el-mundo-679406

SITAWI Finanças do Bem. (2021, 12 de agosto). *Segunda Opinión de Post-Emisión Bono Verde de ISA*. https://www.isa.co/wp-content/uploads/2021/08/SITAWI-Segunda-Opinion-post-emision-de-bono-verde-ISA-20210812.pdf

Superintendencia Financiera de Colombia. (2020). *Guía de Buenas Prácticas para las emisiones de bonos verdes*. https://alertas.directoriolegislativo.org/wp-content/uploads/2020/09/guiabonosverdes.pdf?x32394

The International Capital Market Association. (2018). *Green Bond Principles: Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds*. https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/Green-Bonds-Principles-June-2018-270520.pdf

Vargas Pineda, O., Trujillo González, J. y Torres Mora, M. (2017). La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 175 – 186. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47493