

ISSN 0120-3576
VOLUMEN LIII | DICIEMBRE 2023

COYUNTURA ECONÓMICA

INVESTIGACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL

PRESENTACIÓN

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

PENSIONES EN COLOMBIA: LA DEUDA QUE HEREDARÁN LOS JÓVENES
Julián A. Parra Polanía | Jorge Llano | Santiago León | Iván Leonardo Urrea Rios

SLOW DYNAMICS OF JOB FLOW RATES IN COLOMBIAN INDUSTRY
Alvaro Cháves | Alejandro Mesa | Fernando Mesa

ACCESS TO FORMAL FINANCIAL MARKETS AND MICROBUSINESS FORMALIZATION IN COLOMBIA
Manuela Acevedo | Andrés Angel | Camilo Acosta

LLUVIAS, SERVICIOS PÚBLICOS Y MORTALIDAD INFANTIL EN COLOMBIA
Juan Sebastián Burgos Velasco

EL APORTE DE LAS CONCESIONES MEDIANTE APP EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE AL CRECIMIENTO Y EL BIENESTAR EN COLOMBIA
Juan Benavides | César Pabón | Paula Alejandra González

EXPECTED MACROECONOMIC EFFECTS OF ISSUING A RETAIL CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCY (CBDC)
Constanza Martínez-Ventura | Julián A. Parra-Polanía | Tatiana Mora-Arbeláez | Angélica Lizarazo-Cuéllar

FEDESARROLLO
Centro de Investigación Económica y Social

FUNDACIÓN PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y EL DESARROLLO

FEDESARROLLO

Fundada en 1970

Director Ejecutivo
Luis Fernando Mejía A.

Subdirectora
Ximena Cadena O.

Secretaria general
Marcela Pombo

Editora Coyuntura Económica
Ximena Cadena O.

Comité Editorial
Jim Albrecht
José Antonio Ocampo
Gustavo Suárez

Comité Científico
David Bardey
Felipe Barrera
Jorge Barrientos
Patricia Cortés
Sebastián Edwards
William F. Maloney

Asistente Editorial
Luisa Fernanda Vargas

Fedesarrollo
Calle 78 No. 9-91 | Bogotá, Colombia
Teléfono: 601 325 97 77
E-mail: coyuntura@fedesarrollo.org.co
www.fedesarrollo.org.co

Publicaciones – Suscripciones
Patricia Monroy C.
pmonroy@fedesarrollo.org.co

Diagramación
David Russi Corredor
david.russi@gmail.com

Impresa en: La Imprenta Editores S.A.
Calle 77 No. 28ª-29 | Bogotá, Colombia

Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social
(ISSN 0120-3576)
Volumen LIII | Diciembre 2023

Periodicidad y tamaño: anual, 19,5 x 24 cm
"El material de esta Revista puede ser reproducido sin autorización si se menciona como fuente a Coyuntura Económica de Fedesarrollo"

Tiraje: 60 ejemplares

Impresa y hecha en Colombia
Printed and made in Colombia

La Revista *Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social* se encuentra indexada en Publindex (Minciencias) y en las bases de datos EconLit, Latindex y DoTec.

OBJETIVO DE LA REVISTA:
La revista *Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social* de Fedesarrollo es una publicación anual que tiene como propósito publicar artículos de alta calidad técnica cuyos temas centrales comprendan el análisis teórico y empírico en las áreas económicas, incluyendo análisis económico de temas sociales. La revista está dirigida a la comunidad académica, hacedores de política y, en general, a la población interesada en investigación económica y social.

Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social

Volumen LIII | Diciembre 2023

PRESENTACIÓN 4

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN 9

Pensiones en Colombia: la deuda que heredarán los jóvenes 11
Julián A. Parra Polanía | Jorge Llano | Santiago León | Iván Leonardo Urrea Rios

Slow Dynamics of Job Flow Rates in Colombian Industry 29
Alvaro Chávez | Alejandro Mesa | Fernando Mesa

Access to Formal Financial Markets and Microbusiness Formalization in Colombia 51
Manuela Acevedo | Andrés Angel | Camilo Acosta

Lluvias, Servicios Públicos y Mortalidad Infantil en Colombia 81
Juan Sebastián Burgos Velasco

El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar en Colombia 113
Juan Benavides | César Pabón | Paula Alejandra González

Expected Macroeconomic Effects of Issuing a Retail Central Bank Digital Currency (CBDC) 151
Constanza Martínez-Ventura | Julián A. Parra-Polanía | Tatiana Mora-Arbeláez | Angélica Lizarazo-Cuéllar

Presentación

La revista Coyuntura Económica, Investigación Económica y Social de Fedesarrollo es una publicación académica indexada que se dedica a temas económicos y sociales con énfasis en aspectos aplicados y relevantes para las políticas públicas. Los artículos publicados en esta edición son una muestra de trabajos de investigación que ilustran diferentes temas económicos y sociales para el caso colombiano. Estos presentan nueva información y evidencia empírica que enriquece y aporta al debate académico; además, contribuye y expone alternativas de mejora en la formulación e implementación de políticas públicas.

Durante este año para la edición 2023 de la revista se continuó con el proceso usual de revisión de los artículos por parte de pares académicos anónimos. Así, para la edición de este año, los artículos primero fueron revisados por el equipo editorial de la revista; luego, en caso de ser considerados para publicación, se envió cada uno de los artículos a evaluadores anónimos especializados para tener un juicio calificado sobre el artículo. Con base en esta evaluación, el comité editorial tomó la decisión de continuar con el proceso editorial de los artículos y se reenviaron los comentarios a los autores, quienes enviaron una nueva versión del artículo en la que acogían los comentarios realizados por el evaluador anónimo. Cabe resaltar que, para garantizar la imparcialidad y la rigurosidad, este proceso es anónimo en doble vía (*double-blinded*).

Agradecemos la participación de los evaluadores anónimos por los comentarios realizados a los artículos y el aporte a cada uno de ellos para fortalecerlos. En esta ocasión, contamos con evaluadores que se desempeñan como docentes e investigadores en universidades, son investigadores en entidades públicas o centros de investigación, y ejercen en cargos públicos.

En esta edición de Coyuntura Económica exploramos en detalle los aspectos más relevantes que moldean el panorama económico de Colombia. Esta entrega destaca por la variada procedencia de sus autores, quienes abarcan diversos rangos de edad y desempeñan roles que van desde estudiantes de pregrado, maestría y doctorado, así como profesores en diversas instituciones educativas, líderes en el ámbito privado y profesionales que trabajan en entidades gubernamentales. Publicamos investigaciones que informan e iluminan sobre aspectos de la política económica y social en diversas áreas. Mercado laboral, Pensiones, Informalidad, Salud, Infraestructura de Transporte y Política Monetaria y Monedas Digitales. Todos estos constituyen áreas de análisis que impactan la calidad de vida y el bienestar de los colombianos. Las preguntas que plantean además reflejan cuestiones de la mayor relevancia dada la coyuntura actual. A continuación, se presenta un breve comentario sobre cada uno de estos artículos.

El primer artículo, titulado "Pensiones en Colombia: la deuda que heredarán los jóvenes", es obra de Julián A. Parra Polanía, Jorge Llano, Santiago León e Iván Leonardo Urrea Rios. En este trabajo, los autores amplían el modelo económico previamente utilizado por Parra et al. (2020) con el objetivo de incorporar dos grupos significativos que no fueron contemplados en el análisis original: los retirados cuya pensión es equivalente al salario mínimo

y aquellos individuos que no cumplen con los requisitos para recibir una pensión, obteniendo en su lugar una devolución de dinero en cualquiera de los dos regímenes principales. Los resultados presentados por los autores delinean un panorama similar al expuesto por Parra et al. (2020): si el sistema pensional colombiano continúa en su estado actual, se enfrentará en las próximas décadas a un aumento sustancial de la carga fiscal. Según los autores, esta situación se debe principalmente a los considerables subsidios otorgados en el régimen de reparto y al deterioro de la capacidad de pago de dicho régimen, consecuencia del envejecimiento poblacional. En ausencia de otras modificaciones al régimen de reparto, los autores sugieren dos cambios socialmente deseables que generarían un considerable incremento en la carga fiscal del mismo: i) el aumento de la cobertura pensional, por ejemplo, a través de un incremento en la formalidad laboral, y ii) el reconocimiento de los retornos reales para aquellos que no cumplen con los requisitos de pensión en el régimen de reparto.

El segundo artículo "Slow Dynamics of Job Flow Rates in Colombian Industry" de Alvaro Cháves, Alejandro Mesa y Fernando Mesa, examina la creación y destrucción de puestos de trabajo en el sector industrial colombiano, a nivel de establecimiento. Para lograr este propósito, los autores integran la literatura académica tradicional sobre este tema con la literatura más reciente sobre la participación de los factores de producción en el valor del producto, lo que permite centrar el análisis en las condiciones del mercado. Los autores encuentran una estrecha relación positiva entre las tasas de flujos de puestos de trabajo y la participación de los ingresos laborales en el valor del producto; y una relación negativa con los márgenes de ganancia. La relación negativa esperada entre las tasas de flujo de puestos de trabajo y el grado de concentración en los mercados del sector manufacturero no se obtiene, según los autores, dada la baja dinámica de los cambios estructurales que se registraron en este sector. Además, los autores afirman que las relaciones estadísticas anteriores tienen fuertes implicaciones para las decisiones del diseño de políticas pública del mercado laboral. Por ejemplo, los autores afirman que la adaptabilidad del mercado laboral a las nuevas dinámicas tecnológicas es crucial para la destrucción y creación de empleos. Además, es necesario implementar políticas públicas robustas que faciliten la reconversión de trabajadores desplazados, respaldadas por un sistema de formación en nuevas habilidades con apoyo gubernamental en educación e investigación. El análisis empírico realizado en el artículo utiliza dos técnicas econométricas, el Método Generalizado de Momentos estático y el de Arellano-Bond dinámico con variables instrumentales y efectos fijos. Además, se realiza una prueba de robustez econométrica con un modelo de diferencias en diferencias.

El tercer artículo denominado "Access to Formal Financial Markets and Microbusiness Formalization in Colombia" es de autoría de Manuela Acevedo, Andrés Angel y Camilo Acosta. Este paper estudia la relación entre el acceso de las microempresas al crédito formal y su tránsito hacia la formalización en Colombia. Los autores utilizan la Encuesta de Micronegocios una novedosa base de datos que incluye tanto microempresas formales como informales junto con dos definiciones de formalidad: una binaria y otra multidimensional que explota el conjunto de regulaciones a las que se enfrentan las empresas. Los autores concluyen que las microempresas que solicitan crédito formal tienen una probabilidad un 12,5% mayor de no ser completamente informales. Utilizando como instrumentos la propiedad de activos colateralizables, los autores confirman que la relación entre ambas variables va mucho más allá de una simple correlación: el crédito formal puede ayudar a una microempresa a escapar de la informalidad total. De acuerdo con los autores, este efecto positivo del crédito formal es mayor en las primeras etapas del camino de las empresas hacia la formalización. Por el contrario, el crédito informal puede acabar reforzando la informalidad de la empresa.

El cuarto artículo "Lluvias, Servicios Públicos y Mortalidad Infantil en Colombia", escrito por Juan Sebastián Burgos Velasco para su tesis de maestría, estudia las coberturas de servicios públicos de acueducto y alcantari-

llado como mecanismos de protección ante fenómenos de precipitaciones extremas en Colombia, para el periodo 1985-2018. Usando el número de días por año en que una municipalidad sufrió de sequías o lluvias intensas, el autor encuentra que, entre mayor es el nivel de cobertura de acueducto, el efecto de las primeras sobre la tasa de mortalidad infantil disminuye y, así mismo, contar con una cobertura alcantarillado más alta reduce el efecto de las lluvias. Además, al diferenciar la mortalidad por sexo, el autor encuentra que los efectos de la provisión de estos servicios públicos son mayores para los niños, resultado coherente con la literatura médica que señala una mayor fortaleza del sistema inmunológico de las niñas. Finalmente, el autor realiza un chequeo de robustez por causa de mortalidad específica, encontrando que solo las enfermedades de origen hídrico están relacionadas con estos efectos. Publicamos este documento en memoria de Rafael Santos, profesor investigador de la facultad de economía de la universidad de los Andes quien asesoró la tesis de grado de Sebastian y falleció prematuramente en junio de este año, Rafael contribuyó a la comprensión de problemas sociales en Colombia de forma rigurosa y con intención de impactar las políticas públicas.

El quinto artículo titulado "El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia" de Juan Benavides, César Pabón y Paula Alejandra González, examina el papel de las Alianzas Público-Privadas (APP) en el financiamiento de grandes proyectos de infraestructura de transporte y su impacto sobre la economía. Los autores efectúan un balance de las inversiones en este sector durante las últimas décadas, e identifican los aportes, desafíos y perspectivas del modelo de APP en transporte, comparándolo con experiencias de otros países. También, evalúan el impacto macroeconómico de la infraestructura de transporte, y discuten las políticas recientes que representan una amenaza inminente para la sostenibilidad de los concesionarios viales a mediano y largo plazo. A pesar de la abundante literatura en este campo, existe un vacío en el análisis integral del conjunto de las APP en Colombia y su evolución desde sus inicios. Este documento contribuye a la literatura sectorial al evaluar y cuantificar los riesgos asociados a las decisiones políticas y económicas que amenazan el esquema de las APP. Los autores afirman que estos riesgos podrían traducirse en un retroceso en el avance institucional emprendido durante décadas en el país.

Por último, el sexto artículo, "Expected Macroeconomic Effects of Issuing a Retail Central Bank Digital Currency (CBDC)" es escrito por Constanza Martínez-Ventura, Julián A. Parra-Polanía, Tatiana Mora-Arbeláez y Angélica Lizarazo-Cuéllar. El artículo revisa los potenciales efectos macroeconómicos de emitir una moneda digital de banco central (CBDC) para uso de las personas y negocios. Los autores realizan una selección cuidadosa de la arquitectura, y de los aspectos de diseño económico y tecnológico de esta forma de dinero digital que mejor se ajustarían a las necesidades de la economía colombiana, para enmarcar la aproximación analítica que se usa para estudiar estos temas. También revisan los resultados más destacados de la literatura relacionada para establecer las consecuencias esperadas de adelantar esta iniciativa. Para el conjunto de supuestos seleccionados, los autores encuentran que los efectos macroeconómicos esperados son muy pequeños.

Esta colección de artículos de investigadores colombianos, de diferentes edades y géneros que fueron revisados rigurosamente por un grupo de evaluadores también diverso, contribuye al análisis económico y social en áreas de la política pública en las que Colombia puede continuar avanzando para mejorar el bienestar de sus habitantes.

Ximena Cadena O.
Subdirectora de Fedesarrollo
Editora de Coyuntura Económica | Diciembre de 2023

Artículos de Investigación

Pensiones en Colombia: la deuda que heredarán los jóvenes

Por:
Julián A. Parra-Polanía
Jorge Llano
Santiago León
Iván Leonardo Urrea Rios[1] [2]

Palabras clave: *Pensiones, análisis macroeconómico, panorama fiscal, régimen de reparto, régimen de capitalización.*
Keywords: *pensions, macroeconomic analysis, fiscal outlook, PAYG scheme, Fully Funded scheme.*

JEL: *H55, H20, J26, J11, C68.*

Pensiones en Colombia: la deuda que heredarán los jóvenes

Pensions in Colombia: the debt that young people will inherit

Primera versión recibida el 5 de mayo de 2023; versión final aceptada el 29 de julio de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 11-28. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Resumen

En este documento extendemos el modelo económico usado en Parra et al., (2020) con el fin de incorporar dos grupos significativos que no fueron incluidos en el análisis original: los retirados cuya pensión es igual al salario mínimo y los individuos que no cumplen requisitos de pensión y, por tanto, obtienen una devolución de dinero (en cualquiera de los dos regímenes principales). Los resultados muestran un panorama similar al expuesto por Parra et al., (2020): si continúa en su estado actual, el sistema pensional colombiano se enfrentará en las próximas décadas a un aumento sustancial de la carga fiscal. Esta situación es principalmente causada por los grandes subsidios otorgados en el régimen de reparto y el deterioro de la capacidad de pago de ese régimen como resultado del envejecimiento poblacional. En ausencia de otras modificaciones al régimen de reparto, dos cambios socialmente deseables producirían un incremento considerable de la carga fiscal del mismo: i) el aumento de la cobertura pensional, (como resultado, por ejemplo, de un aumento en la formalidad laboral), y ii) el reconocimiento de los retornos reales a quienes no cumplen requisitos de pensión en el régimen de reparto.

Abstract

In this paper we extend the economic model used in Parra et al., (2020) to incorporate two significant groups that were not included in the original analysis: people who are retired with pension equivalent to the minimum wage and those who do not fulfill pension requirements and therefore get a refund of their contributions (in either of the two main retirement schemes). Our results show a similar outlook to that described by Parra et al., (2020): if the Colombian pension

1 Los autores son, en igual orden: investigador del Banco de la República, vicepresidente de Desarrollo de Mercados en AMV, consultor económico, y profesor de la Escuela de Economía de la Universidad Nacional de Colombia y estudiante de doctorado en economía de la Universidad de Pittsburgh. Las opiniones presentadas en este documento son responsabilidad exclusiva de sus autores y no representan la posición de las instituciones a las que se encuentran asociados profesional o académicamente.

2 The opinions presented in this document are the sole responsibility of their authors and do not represent those of the institutions to which they are professionally or academically affiliated.

system remains in its current state, it will face a substantial increase in the tax burden in the next decades, mainly due to the large subsidies granted in the pay-as-you-go scheme and the deterioration of the payment capacity of this scheme due to population aging. In the absence of other modifications to the pay-as-you-go scheme, two socially desirable changes would generate an important increment of its fiscal burden: i) an increase of pension coverage (for instance as a result of an increase of formal employment) and ii) the recognition of real returns to those who do not meet pension requirements in the pay-as-you-go scheme.

I. Introducción

El análisis social y económico de los sistemas pensionales debe siempre plantearse para periodos largos de tiempo, con supuestos explícitos y abiertos al debate público, esto debido a la naturaleza intertemporal del problema económico del sostenimiento en la vejez.

Este documento busca aportar información y análisis al debate actual sobre el tema pensional en Colombia, un asunto que ha cobrado significativa importancia alrededor del mundo dados sus efectos económicos, políticos y sociales, especialmente en un contexto global de envejecimiento de la población[3].

Este documento se basa en Parra *et al.*, (2020), donde se mostró a partir de un modelo macroeconómico que una parte del Sistema General de Pensiones (SGP) tiene efectos importantes sobre variables como el gasto público, las tasas de interés, y la inversión, entre otras. Para dicho estudio, dadas las características iniciales del modelo, se estudió solo a la población que accedía a una pensión cuya mesada superaba el salario mínimo mensual vigente.

No obstante, al describir a la población colombiana, tal y como se hace en Montenegro *et al.*, (2020), se observa que las características mencionadas representan la situación esperada actualmente para el 10% de los trabajadores en Colombia, por lo cual se consideró necesario incluir los dos grupos poblacionales restantes. En particular, se decidió incorporar en el modelo a quienes se pensionan con un salario mínimo gracias a la Garantía de Pensión Mínima en ambos regímenes pensionales y, adicionalmente, a la gran mayoría de trabajadores que, como resultado de la alta informalidad y el desempleo en Colombia, no logran cumplir los requisitos para acceder a pensión y, por ende, reciben una devolución de saldos en el régimen de ahorro individual (RAIS) o una indemnización sustitutiva en el régimen de prima media (RPM)[4].

Es importante resaltar que para estas tres categorías (i. pensionados por encima del salario mínimo, ii. pensionados con mesada igual al salario mínimo, y iii. adultos mayores que no cumplen requisitos para acceder a pensión) existen diferencias importantes en los beneficios pensionales (mesada o devolución) dependiendo del régimen al que se encuentre afiliado el trabajador.

Es así como para la categoría de pensionados con mesadas superiores al mínimo es muy probable, y así lo captura el modelo, que la mesada en el RPM sea más alta que en el RAIS, dado el subsidio pensional que ahí se otorga a quienes logran la pensión. Este subsidio es entendido como la diferencia entre el costo actuarial de la pensión y el valor aportado por el trabajador, capitalizado a una tasa de retorno real equivalente al crecimiento de la masa salarial[5]. Para la segunda categoría, es decir pensionados con mesada igual al salario mínimo, las diferencias se dan por los requisitos para pensionarse; en el RAIS, para acceder a esta pensión se piden 1.150 semanas, mientras que para el RPM se requieren 1.300. Es importante señalar que a pesar de que el requisito de semanas es menor en el RAIS, el subsidio en este régimen es menor comparado con el de alguien que haya hecho aportes con el mismo nivel salarial en el RPM. Lo anterior es resultado de la mayor tasa de retorno real (o de capitalización) de largo plazo del régimen de ahorro individual con respecto a la del régimen de reparto. Por último, asociado igualmente a la capitalización de los recursos y a lo establecido en la ley para la gran mayoría de trabajadores que no logran requisitos mínimos de pensión, existe

3 Por ejemplo, en 2022 China presentó por primera vez (en al menos seis décadas) un decrecimiento en su población total, al tiempo que fue superada por India como el país con mayor población en el mundo.

4 Para mayor detalle sobre estas devoluciones el lector puede remitirse a Montenegro *et al.*, (2020) o Parra *et al.*, (2020).

5 Sobre estos retornos reales y los datos de estos para el caso colombiano véase Montenegro *et al.*, (2019) y Arias-Rodríguez y Parra-Polanía (2021, Sección 2). En resumen, estos retornos corresponden a la suma de la tasa de crecimiento poblacional más la tasa de crecimiento de la productividad por trabajador.

una diferencia relevante entre regímenes, pues a quienes no se pensionan estando en el régimen de ahorro individual se les reconocen intereses reales asociados al aporte que se destina a la cuenta individual, y que se invierte por las administradoras de fondos de pensiones (AFP), mientras que las personas que no logran cumplir esos requisitos en el RPM reciben una indemnización sustitutiva, que no reconoce interés real por los aportes realizados.

Incluir estos dos nuevos grupos al modelo del presente documento, al cual nos referiremos en corto como "modelo ampliado", nos permite tener una visión mucho más completa de los retos de política en materia pensional, y así mismo podemos estimar los impactos fiscales de largo plazo con mayor precisión, siendo este el primer objetivo del presente estudio.

Con respecto a los resultados del modelo original se espera, por un lado, un aumento en el costo fiscal asociado a la inclusión de las pensiones del salario mínimo y, por otro, un efecto opuesto derivado tanto de tener en cuenta la baja cobertura pensional del país, como del no reconocimiento de intereses reales por parte del RPM a la mayoría de sus afiliados, quienes no logran pensionarse. En otras palabras, el no reconocer los retornos reales a una proporción alta de trabajadores en el RPM ayuda a financiar el costo fiscal necesario para las pensiones que reciben subsidios importantes en este régimen. Esto se puede calificar sin lugar a dudas de altamente regresivo, pues mientras que a los no pensionados (usualmente personas de menores ingresos) se les cobra un impuesto, a quienes se pensionan en ese régimen se les otorga un subsidio que se incrementa con el monto de la pensión.

El modelo ampliado contempla el efecto fiscal neto de incluir los dos grupos poblacionales mencionados. Adicionalmente, esta mejora al modelo original nos permite estimar el potencial efecto de dos políticas/escenarios sobre la sostenibilidad financiera: i) un aumento de la cobertura de adultos mayores con pensión (como consecuencia, por ejemplo, de un aumento en la formalidad laboral), y ii) el reconocimiento de intereses reales a los trabajadores del RPM que no logran acceder a una pensión.

Estos dos escenarios son esenciales para entender los potenciales impactos de la posible reforma pensional. Por un lado, si se toma como referencia la propuesta de pilares debatida en la actualidad, se obligará a todos los trabajadores de ingresos bajos a aportar la totalidad de su contribución al régimen de reparto, impidiendo que ellos capitalicen sus aportes, y quedando en un escenario que les deja un ingreso esperado menor al que podrían tener si cotizaran al régimen de ahorro individual. Si el gobierno decide otorgar intereses reales a quienes no se pensionan del régimen de reparto, eso se materializará en un costo fiscal más alto, generando un pasivo pensional esperado mayor, y por consiguiente, una mayor carga fiscal futura.

Adicionalmente, el escenario de mayor cobertura da luces sobre dos elementos fuertemente arraigados en algunas posturas de política económica sobre pensiones. Contribuye a desvirtuar la idea de que aumentar la población cotizante en el régimen de reparto generaría un escenario fiscal más favorable, cuando en realidad ocurre justamente lo contrario, debido al considerable desbalance entre el valor de las mesadas que se pagan a un pensionado en ese régimen y los aportes (más retornos) que contribuye durante su vida laboral. En la misma dirección, y a diferencia de la percepción general, se encuentra que un escenario de mayor formalidad sería más negativo en términos de sostenibilidad que un escenario con elevada informalidad como el actual. Lo anterior es atribuible al diseño del régimen de reparto en Colombia, aunque la conclusión es transversal para cualquier país que cuente con un régimen de reparto con considerables subsidios a las pensiones y, al mismo tiempo, unos niveles de informalidad relativamente altos.

Como resultado, el modelo predice un aumento sustancial de la carga fiscal futura, comparada con su nivel actual. Por razón del diseño actual y el envejecimiento poblacional, la carga fiscal del sistema pensional se multiplicará por 2,3 para el año 2050 y

se triplicará para 2080. Por otro lado, se encuentra que en ausencia de otros cambios en el sistema, los dos escenarios mencionados producirían otro incremento apreciable de la carga fiscal: en adición al efecto del envejecimiento poblacional, aumentar la cobertura pensional de su valor actual (23%) a 30% en 2030 multiplicaría la carga fiscal por 1,5. Para el mismo año (2030), el reconocimiento de los retornos reales a quienes no cumplen requisitos de pensión en el régimen de reparto (Colpensiones) multiplicaría adicionalmente la carga fiscal por 1,2.

El documento consta de 4 secciones incluida esta introducción. La sección 2 presenta el modelo, seguido de los resultados, y la última sección presenta las principales conclusiones.

II. Revisión de Literatura

La tendencia global en materia de sostenibilidad y análisis de los sistemas de pensiones ha sido positiva. En varios países alrededor del mundo se ha incrementado la cantidad de reportes sobre proyecciones fiscales de largo plazo y las implicaciones de los sistemas pensionales sobre ellas. En general estos documentos se construyen por parte de organismos gubernamentales, tanques de pensamiento o instituciones fiscales independientes (Ter-minassian y Pessino, 2021). Este fenómeno global sin lugar a duda aportará para generar conciencia pública sobre las reformas necesarias y para señalar los problemas técnicos de algunos sistemas actuales.

Durante la última década se han construido varios modelos con el fin de hacer ejercicios analíticos en el sistema pensional colombiano. En esta sección sintetizamos los principales estudios con una breve explicación de sus metodologías y resultados. El objetivo de estos trabajos ha sido modelar el sistema pensional colombiano con una combinación entre las reglas de juego del sistema pensional, el funcionamiento del mercado laboral y la dinámica demográfica futura del país.

Primero están los modelos que, tomando bases de datos públicas y de afiliados, realizan una proyección a nivel individual de las variables más relevantes del sistema pensional, y con base en esto se analizan a nivel agregado variables como el costo fiscal y/o la cobertura pensional, esenciales para dar un diagnóstico completo del impacto esperado de un sistema pensional. Dentro de esta categoría de modelos los estudios más relevantes y recientes son Montenegro *et al.,* (2018), donde se explica detalladamente un modelo para evaluar el sistema pensional colombiano, llevando las estimaciones hasta 2055, y permitiendo hacer análisis sobre costo fiscal, ahorro pensional esperado, cobertura pensional, entre otros. Así mismo, Becerra *et al.,* (2022), realizan un ejercicio similar, y adicionan varios escenarios de reforma evaluando su efecto en cobertura pensional, sostenibilidad fiscal, impacto en GINI y en suficiencia; al final se concluye que cuentas nocionales y marchitamiento del RPM son los escenarios que mejor combinación de dichos factores podría llegar a tener en el largo plazo. Por último, en esta categoría, también se encuentra Córdoba y Piraquive (2019), quienes utilizando un modelo más agregado, DNPension, estiman en el largo plazo los efectos fiscales de diferentes propuestas, llegando a una conclusión similar a la de Becerra *et al.,* (2022), donde las propuestas de "pilares" son muy costosas en el largo plazo, como resultado del envejecimiento de la población colombiana, mientras que otras propuestas como el marchitamiento del régimen de reparto tiene mayor sentido financiero, y menor destrucción del ahorro pensional.

De otro lado, están los documentos que han hecho análisis de largo plazo, pero con modelos de equilibrio general. En particular, Parra *et al.,* (2020), y Arias-Rodríguez y Parra-Polanía (2021) realizan proyecciones de largo plazo tomando como base la población que logra pensiones por encima del mínimo, y con esto se analizan cambios paramétricos al sistema y su efecto en diferentes variables macroeconómicas.

El presente estudio entra dentro de la segunda categoría, donde ampliamos el modelo desarrollado por Parra *et al.*, (2020), permitiendo realizar un análisis más completo de la situación actual del sistema e introducir dos escenarios que, dadas las restricciones del modelo original, no era posible realizar.

III. Modelo

El modelo macroeconómico del presente trabajo está basado en el modelo usado en Parra *et al.*, (2020, Sección 3.1). El lector interesado podrá encontrar en el Anexo 1 los detalles técnicos del modelo original, y en el Anexo 2 algunos detalles de las extensiones incorporadas en el presente documento. A continuación, describimos sus características generales y las extensiones hechas en el presente trabajo.

Se trata de un modelo cuyos periodos son equivalentes a un año y en el que en cada periodo hay tanto 'nacimientos' (llegada de nuevas personas al mercado laboral) como muertes. Los individuos empiezan su vida laboral a los 21 y viven máximo hasta los 95 años[6]. La edad de pensión es de 60 y, por tanto, la vida laboral comprende un total de 40 años. La pensión, en caso de tener acceso a ella, se recibe desde los 61 años hasta el fallecimiento.

El modelo tiene dos regímenes pensionales, el de prima media o reparto y el de capitalización o ahorro individual. En el primero la pensión es igual al 64% del promedio de los ingresos laborales de los últimos 10 años efectivos de cotización. En el régimen de ahorro individual la pensión se calcula con base en los ahorros más los rendimientos acumulados y la expectativa de vida del trabajador en el momento del retiro. En los dos regímenes la pensión se mantiene constante en términos reales y, como se mencionó, se paga hasta que el individuo muere (renta vitalicia).

En el modelo ampliado presentado en este documento, al igual que en el modelo original, no se incluyen en el análisis las pensiones por invalidez o sobrevivencia, ni los regímenes especiales; y a diferencia del original, no se suponen traslados entre regímenes, sino que desde su entrada a la vida laboral los trabajadores comienzan en el régimen en el que finalmente se retiran[7]. Con base en los datos para la economía colombiana (2019), suponemos que el 88% de quienes se pensionan y el 74% de quienes no, están afiliados al régimen de reparto.

El modelo es de equilibrio general, esto es, se modela tanto la producción como el consumo. La producción se realiza en un ambiente de competencia perfecta, está a cargo de las firmas, que contratan capital y trabajo como insumos e incluye un factor de crecimiento como consecuencia del progreso tecnológico (exógeno). Por su parte, los hogares buscan maximizar su bienestar a través de la vida distribuyendo su tiempo entre trabajo y ocio y su ingreso disponible entre consumo y ahorro. Durante la vida laboral los ingresos provienen de la remuneración del trabajo y de los rendimientos de los ahorros (voluntarios). Una vez se llega a la edad de pensión, dado que el individuo deja de trabajar, se deja de percibir el ingreso laboral y, si se cumplen los requisitos, se comienza a recibir la pensión.

6 De un periodo a otro y con probabilidades que varían según la edad de los individuos, algunas personas fallecen. El modelo toma en cuenta esto mediante la inclusión de las probabilidades de supervivencia estimadas en Parra et al. (2020, Sección 2). El efecto final del flujo de nacimientos y muertes sobre la cantidad total de población es tenido en cuenta mediante las tasas de crecimiento poblacional estimadas también en el citado documento.

7 Dado que se trata de un análisis de estado estacionario, el parámetro fundamental es la proporción de pensionados en cada régimen. En contraste, los traslados (exógenos, como se suponen en el modelo original) tienen un efecto marginal en los resultados.

Las principales extensiones del modelo del presente documento con respecto a su versión original[8] consisten en adicionar al análisis tanto los individuos cuya pensión es igual al salario mínimo, como los individuos que no cumplen requisitos de pensión y, por tanto, obtienen una devolución de dinero (en cualquiera de los dos regímenes principales). La importancia de esto radica en que, según las cifras del sistema pensional colombiano, en estas dos categorías se encuentra cerca del 90% de los trabajadores, pues dado los ingresos relativamente bajos y los altos niveles de informalidad de la economía colombiana, la probabilidad de acceder a una pensión y que esta sea superior al mínimo es de alrededor de 10%.

Para incorporar esta proporción significativa del sistema, una de las principales modificaciones sobre el modelo original radica en la partición de los hogares en tres grandes grupos de acuerdo con su perfil de productividad o ingreso (bajo, medio y alto). A su vez, dentro de cada uno de ellos, se consideran diferentes proporciones de los siguientes dos subgrupos: uno en el que los hogares cotizan el equivalente a 25 de sus 40 años de vida laboral y, por consiguiente, logran (en cualquiera de los dos regímenes) cumplir los requisitos para obtener una pensión; y otro en el que solo cotizan 8 de esos 40 años y por tanto no cumplen el correspondiente requisito.[9] Con la intención de representar el caso colombiano, los valores asignados a los perfiles relativos de productividad y a las proporciones de los mencionados subgrupos son tomadas de la Gran Encuesta Integrada de Hogares, y las bases de datos construidas en Montenegro *et al.*, (2020)[10].

En el modelo ampliado, al igual que en el caso colombiano, cuando en cualquiera de los dos regímenes el individuo cumple los requisitos de pensión, pero la correspondiente fórmula de cálculo arroja como resultado una pensión menor al salario mínimo, aplica la garantía de pensión mínima[11] y el gobierno pone los recursos faltantes para dar cumplimiento a la misma[12]. Con respecto a quienes no alcanzan a cumplir el requisito mínimo de tiempo cotizado para la pensión, en el modelo ampliado la devolución de saldos para el régimen de reparto corresponde a la suma de las contribuciones reales (esto es, ajustadas por inflación), mientras que para el caso del régimen de ahorro se trata de la suma de las contribuciones ajustadas a inflación más los rendimientos reales obtenidos -es decir, igual a lo ocurrido en la práctica con los dos regímenes principales en Colombia-.

En el modelo ampliado el gobierno se encarga de tres tareas específicas: (i) recaudar las cotizaciones obligatorias de quienes pertenecen al régimen de reparto, (ii) recaudar los impuestos sobre las rentas laborales de los trabajadores de ambos regímenes, y (iii) usar esos recaudos para pagar las pensiones del régimen de reparto (o hacer las devoluciones de saldos a quienes no logran cumplir los requisitos en el mismo régimen) y para completar la cantidad de recursos que hagan falta para garantizar el pago de una pensión de salario mínimo en el régimen de capitalización. La tasa de impuestos se ajusta periodo a periodo manteniendo el presupuesto público balanceado. Esta característica, junto al hecho de no incluir impuestos sobre el capital,

8 Los valores asignados a los parámetros son iguales a los del modelo original (Parra et al., 2020, Anexo 5), excepto por el factor de descuento que cambia de 1,020 a 1,021 y el inverso de la elasticidad de sustitución intertemporal de 2,50 a 2,57. Estos dos cambios se hacen con el propósito de que la tasa de interés de equilibrio se mantenga igual a la usada para el modelo original, 4,5%.

9 Como el modelo no incluye directamente desempleo ni informalidad, la forma en que incorporamos el efecto de estas situaciones sobre los aportes al sistema pensional es ajustando el porcentaje de la contribución de los trabajadores de acuerdo con el subgrupo al que pertenece. Por ejemplo, para un trabajador que hace parte del subgrupo que no cumple los requisitos de pensión, la cotización es igual a 11,5% multiplicado/ajustado por un factor de 0,2 (que corresponde a cotizar efectivamente la quinta parte del tiempo – 8 de 40 años de vida laboral).

10 Véase el anexo del presente documento para conocer los valores específicos asignados a los nuevos parámetros en el modelo ampliado.

11 La garantía también aplica tanto en la práctica como en el modelo ampliado para aquellas pensiones que, aunque son inicialmente mayores al salario mínimo, terminan con el tiempo por ser alcanzadas por este último (debido a que en términos reales mientras que las pensiones se mantienen constantes, el salario mínimo crece).

12 En la práctica, en el régimen de ahorro esos recursos provienen del Fondo de Garantía de Pensión Mínima que son esencialmente impuestos pagados por los trabajadores para que el Estado cumpla con dicha garantía.

nos permite analizar a partir de una sola variable (la tasa impositiva sobre las rentas laborales) la evolución de las necesidades fiscales del sistema pensional.

IV. Resultados

Para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos para el modelo ampliado, estos se comparan con los correspondientes al modelo original. Sin embargo, antes de hacerlo debe tenerse en cuenta que las estimaciones presentadas por Parra *et al.*, (2020) para el modelo original contienen una imprecisión en el cálculo del impuesto sobre las rentas laborales: mientras que en ese trabajo se hace un ajuste para tomar en cuenta el efecto de problemas como el desempleo o la informalidad sobre las contribuciones obligatorias (Parra et al., 2020, p.27), no se considera el efecto sobre el recaudo de impuestos, generando en ese sentido una subestimación de las necesidades fiscales del sistema pensional.

En el presente trabajo se realiza la corrección y se encuentra que, con datos estimados para el año 2020, la tasa de impuesto sobre los ingresos laborales de todos los trabajadores en la economía -adicional a la contribución obligatoria- requerida para mantener el régimen de reparto financiado es significativamente mayor a la estimación original (10,6% versus 6,6%). Dado que en la práctica los impuestos se cobran no solamente sobre ingresos laborales, sino sobre otro tipo de rentas (v.g. de capital) y sobre el consumo, puede ser difícil establecer una comparación de este dato con los datos reales observados. Más fácil de interpretar puede resultar la variación relativa del impuesto con respecto al periodo de referencia (año 2020) y como consecuencia de la evolución demográfica esperada. En ese caso se encuentra que la corrección realizada no modifica los resultados anteriormente obtenidos: al igual que en la estimación original, el impuesto requerido será -con respecto a 2020- más del doble en 2050 (22,5% vs. 10,6%) y casi el triple en el año 2080 (30,0% vs. 10,6%). Estos datos están reportados en la primera fila del Cuadro 1.

Cuadro 1

Impuesto laboral requerido para financiar el sistema pensional - adicional a la contribución obligatorio			
	Año		
	2020	2050	2080
Parra et al., (2020) corregido *	10,6%	22,5% (2,1)	30,0% (2,8)
Modelo ampliado	6,4%	14,7% (2,3)	19,2% (3,0)

* La corrección consiste en ajustar para tomar en cuenta el efecto de la informalidad y el desempleo sobre el recaudo de impuestos laborales
Nota: Los valores en paréntesis corresponden al cociente entre el valor para el año respectivo y el año base.

Una vez corregidos los cálculos del modelo original, hacemos la comparación con los cálculos para el modelo ampliado. Con ello se puede determinar el efecto que tiene sobre los resultados la incorporación de los individuos con pensiones de salario mínimo y de aquellos que no obtienen pensión. Los efectos de una y otra situación son contrarios: la carga fiscal aumenta cuando se incluyen las pensiones de salario mínimo porque aumenta la proporción de subsidios entregados en el régimen de reparto y se incorpora el hecho de que muchas de las pensiones de salario mínimo del régimen de ahorro individual también están subsidiadas[13]. Por otro lado, la carga fiscal disminuye cuando se incluye a quienes no logran cumplir los requisitos para pensionarse porque, por un lado, se reduce la proporción de adultos mayores que reciben subsidios y, por otro lado, a estas personas que no cumplen requisitos se les cobra un impuesto implícito

13 Como se infiere de la explicación de Arias-Rodríguez y Parra-Polanía (2021, pp.20-21): mientras que el subsidio a las pensiones mayores al salario mínimo en el régimen de reparto se estima en alrededor de la mitad de su monto, para el caso de las pensiones de salario mínimo en el mismo régimen la parte subsidiada en general se encuentra entre 50% y 70% y, para el caso del régimen de ahorro, entre 0% y 60%.

en el régimen de reparto al no reconocerles, en la devolución de las cotizaciones, los retornos reales que el régimen genera. Esto sustenta una realidad inquietante del régimen de reparto en Colombia y es que su sostenibilidad depende de pensionar a pocas personas, lo cual no guarda coherencia con el objetivo de mayor formalidad laboral. Adicionalmente, dada la estructura del mercado laboral es claro que la mayoría de los trabajadores que no logran requisitos de pensión son personas de menores ingresos, lo que convierte la inconsistencia con la formalización en una fuente adicional de desigualdad.

Los resultados del modelo ampliado están reportados en la segunda fila del Cuadro 1. Por un lado, los niveles estimados del impuesto requerido son en todos los casos menores que los obtenidos para el modelo original corregido. Esto es consecuencia principalmente de tomar en cuenta la baja cobertura del sistema pensional colombiano: alrededor del 77% de los adultos mayores no acceden a una pensión y, por tanto, la proporción de personas que reciben subsidios pensionales es pequeña. En términos relativos se advierte un incremento significativo del impuesto requerido para el financiamiento del sistema: con respecto al año 2020, el impuesto requerido se habrá multiplicado por 2,3 para 2050 (versus 2,1 en el modelo original) y por 3,0 para 2080 (versus 2,8 en el modelo original). En ese sentido, el panorama es similar al expuesto por Parra *et al.*, (2020): si continua en su estado actual, el sistema pensional colombiano se enfrentará en las próximas décadas a un aumento sustancial de la carga fiscal, principalmente por razón de los grandes subsidios otorgados en Colpensiones y el deterioro de la capacidad de pago de ese régimen como resultado del envejecimiento poblacional[14].

Al desagregar los resultados del costo fiscal en el escenario base se observa que el grueso del costo se concentrará en el régimen de prima media principalmente por el envejecimiento poblacional y por la persistencia de la informalidad. Así mismo, se evidencia que el costo asociado al pago de subsidios al régimen de ahorro individual representa solo 0,3 p.p. del impuesto laboral requerido para mantener el sistema en equilibrio.

Cuadro 2

Desagregación Costo Fiscal Escenario Base			
	Año		
	2020	**2050**	**2080**
Impuesto laboral requerido	***6,4%***	***14,7%***	***19,2%***
Pensiones RPM	7,9%	15,8%	20,2%
Subsidios RAIS - 1SM	0,3%	0,3%	0,3%
Pago de retornos RPM	-1,8%	-1,4%	-1,3%

Es importante resaltar que los anteriores resultados se obtienen bajo el supuesto de que se mantienen algunas situaciones no deseables del sistema, a saber: la baja cobertura, y que parte del financiamiento del régimen de reparto resulta de cobrarle a quienes no alcanzan requisitos de pensión (usualmente los trabajadores más vulnerables) un impuesto implícito significativo. En particular, se observa que el impuesto laboral requerido disminuye entre 1,8 p.p. y 1,3 p.p., dada esta característica del sistema pensional. Avanzar en la corrección de cualquiera de estos dos problemas implicará costos adicionales.

Para entender mejor la última afirmación, llevamos a cabo dos ejercicios adicionales. El primero consiste en suponer que en el futuro aumentará la cober-

14 El costo agregado de los subsidios de las pensiones de salario mínimo en el modelo está subestimado como consecuencia de que, por razones de comparabilidad, se intentaron mantener en lo posible los mismos valores de los parámetros del modelo original. Para ajustar mejor el modelo ampliado a la distribución salarial del país se requerirían cambios importantes en los parámetros (con los valores actuales, en el modelo ampliado el 35,2% de los asalariados están por debajo del mínimo, en comparación con un 42% observado), pero esto haría más difícil saber si las diferencias con respecto a los resultados del modelo original son producto principalmente de las extensiones o de los cambios paramétricos.

tura pensional (esto es, la proporción de personas que logran pensionarse). El segundo ejercicio supone que ocurre una reforma al sistema con un único cambio: el reconocimiento de los retornos reales a quienes no logran pensión en el régimen de reparto.

Cuadro 3

Impuesto laboral adicional requerido: escenarios alternativos			
	Año		
	2020	2030	2050
Escenario base	6,4%	9,2% (1,4)	14,7% (2,3)
Mayor cobertura pensional*	-	14,0% (2,2)	23,2% (3,6)
Reconocimiento de retornos reales**	-	10,8% (1,7)	17,3% (2,7)

* Supone que la cobertura pensional (proporción de personas que se pensionan) aumentará a 30% en 2030 y 40% en 2050.
** Supone que se reforma el sistema para reconocer, en la devolución de cotizaciones delrégimen de reparto, el retorno real generado (la suma del crecimiento poblacional yel crecimiento de la productividad per cápita)
Nota: Los valores en paréntesis corresponden al cociente entre el valor para el año respectivo y el año base.

Para el primer ejercicio suponemos que la cobertura pensional (que se estimó en alrededor de 23% para el año 2020) aumenta a 30% en 2030 y 40% en 2050[15]. Los resultados aparecen reportados en la segunda fila del Cuadro 2 (en la primera fila aparecen los datos para el escenario base en donde, por conveniencia del lector, hemos repetido las observaciones de 2020 y 2050 que se habían reportado en el Cuadro 1). A pesar de suponer que la cobertura pensional seguiría estando considerablemente por debajo de la mitad, su aumento moderado multiplicaría el impuesto (esto es, la carga fiscal) por 1,5 (14,0 vs. 9,2) para 2030 y por 1,6 (23,2 vs. 14,7) para 2050, con respecto a los mismos años bajo el escenario en el que la cobertura no aumenta.

Para el segundo ejercicio obtenemos resultados para los mismos años (2030 y 2050) bajo la hipótesis de que en la devolución de recursos que se hace en el régimen de reparto a quienes no cumplen requisitos de pensión se les reconocen los retornos reales que ese régimen genera. Esto es, se reconocen rendimientos reales iguales a la suma de la tasa de crecimiento poblacional y la tasa de crecimiento de la productividad per cápita[16]. Los resultados aparecen reportados en la tercera fila del Cuadro 2. Como consecuencia únicamente de este cambio, el impuesto laboral requerido para financiar el sistema se multiplicaría por 1,2 (10,8 vs. 9,2) para 2030 y por la misma cifra (17,3 vs. 14,7) para 2050, con respecto a los mismos años bajo un escenario en el que no se reconocen esos retornos reales.

Al desagregar el costo fiscal de estos escenarios observamos que en el escenario de aumento de cobertura pensional naturalmente el costo estaría más concentrado en el RPM, aunque se evidencia también un incremento leve en el costo asociado al pago de subsidios para las pensiones de 1 salario mínimo en el RAIS, pasando de 0,3 a 0,5. Por otra parte, en el escenario en el cual se realiza el reconocimiento de los retornos reales, el impuesto implícito sobre la población que no logra pensionarse se reduce hasta llegar a 0 para el año 2050. Esto es resultado indica que, al reconocer los rendimientos asociados al incremento de la masa salarial, un régimen de reparto se mantendría en equilibrio.

15 Como se explica en la nota al pie 7, el modelo no incluye directamente desempleo ni informalidad. Las proporciones de personas que cumplen el requisito de tiempo mínimo de cotización para pensionarse, según cada perfil de productividad, se toman exógenamente a partir de los datos observados. La forma más simple de aumentar la cobertura en el modelo es suponiendo un incremento en el valor de esas proporciones. En el Anexo 2 se encuentran más detalles sobre los supuestos sobre la proporción de pensionados, según el perfil de productividad.

16 Véase más detalles en el Anexo 2 del presente documento.

Cuadro 4

Desagregación % Costo Fiscal Escenarios 2030 y 2050						
	Escenario Base		Aumento Cobertura Pensional		Reconocimiento retornos reales	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Impuesto laboral requerido	***9,2%***	***14,7%***	***14,0%***	***23,2%***	***10,8%***	***17,3%***
Pensiones RPM	10,6%	15,8%	14,4%	23,2%	10,6%	17,1%
Subsidios RAIS - 1SM	0,3%	0,3%	0,3%	0,5%	0,3%	0,3%
Pago de retornos RPM	-1,7%	-1,4%	-0,7%	-0,4%	-0,1%	0,0%

Estos resultados muestran, por un lado, que el aumento de la cobertura pensional, en ausencia de otros cambios en el sistema pensional, produce un incremento apreciable de la carga fiscal del mismo. Esto no debe interpretarse como la recomendación de evitar mitigar problemas como la informalidad y el desempleo. Es, por el contrario, un llamado de atención sobre la necesidad de revisión de los parámetros del sistema y los subsidios que se entregan principalmente en Colpensiones, el régimen en el que se encuentran la mayoría de los actuales pensionados y que, dados los anuncios que ha hecho el gobierno actual sobre las características de la posible reforma pensional, no solo seguiría siendo el régimen pensional mayoritario, sino que se convertiría en prácticamente el único (dejando un porcentaje menor al 5% de los afiliados cotizando una parte de su aporte al RAIS).

De esta forma, aumentar la cantidad de cotizantes y con ello el porcentaje de los potenciales pensionados en Colpensiones representa, en el corto plazo, nuevos recursos para el régimen de reparto; sin embargo, dado que como se estima en Parra *et al.*, (2020), cada pensionado en ese régimen obtiene una pensión mayor al doble de lo que el mecanismo de reparto por sí solo está actualmente en capacidad de pagar (con base en las cotizaciones y los retornos reales del régimen), en plazos más largos esto representa un déficit significativamente mayor.

Por otro lado, los resultados también señalan la importancia de incluir en las cuentas pensionales los recursos que obtiene el régimen de reparto como consecuencia de no pagarle los retornos reales que genera a quienes se les devuelven las cotizaciones por no cumplir requisitos de pensión.

V. Conclusiones y discusión final

Todos los países enfrentan grandes retos en materia pensional, muchos de ellos asociados al impacto de la transición demográfica en la sostenibilidad de los sistemas. Para evaluar un sistema integral para la vejez, se deben analizar cuatro objetivos: más adultos mayores con ingreso en su vejez (cobertura); recursos públicos para los más vulnerables (equidad); un sistema viable para los actuales y futuros adultos mayores (sostenibilidad) y, por último, un monto de pensión que les permita suplir sus necesidades (adecuación).

En este documento se analiza cómo estos cuatro objetivos pueden chocar entre sí, y así mismo sustenta por qué siempre es necesario dar un debate de pensiones a la luz de sus impactos en el largo plazo, pues son los jóvenes actuales y sus hijos quienes serán los principales afectados de los cambios que se decidan hoy sobre el sistema.

Como primer resultado del modelo macroeconómico del presente documento tenemos que, bajo los parámetros actuales, el sistema tiene un costo fiscal importante asociado a los subsidios que se otorgan principalmente en el régimen de reparto, administrado por Colpensiones, y este se aumentará fuertemente como consecuencia del envejecimiento de la población. No obstante, dicho costo no resulta más elevado por razón de la baja cobertura pensional actual del país y por una situación altamente inequitativa en el régimen de reparto, esto es, que en parte se financia de la población más vulnerable (quienes no acceden a pensión) porque no se les reconoce ningún interés real por sus aportes.

Como ejercicios adicionales estimamos el impacto en el costo fiscal de, por un lado, aumentar la cobertura pensional y, por otro lado, reconocer intereses reales a quienes no se pensionan en el régimen de reparto; dos políticas deseables sobre las cuales debería haber acuerdo en su importancia para una eventual reforma pensional. Sin embargo, al analizar el efecto de estas políticas, se observa un aumento significativo del costo fiscal, siendo el incremento de la cobertura pensional el efecto de mayor magnitud. Esto nos permite concluir que hoy en día el régimen de reparto necesita urgentemente grandes cambios paramétricos, si realmente queremos un sistema con mayor cobertura, equitativo, adecuado y sostenible. Pero aún más importante es lograr un cambio estructural donde los trabajadores puedan acceder a los retornos reales de su ahorro bien gestionado, que a la vez sea un sistema coherente con un aumento de formalidad laboral, y que permita un sistema sostenible para esta y las generaciones venideras. Esto ha llevado a todos los países desarrollados a aumentar el ahorro pensional como porcentaje del PIB, y Colombia no debería ir en una dirección contraria.

Estrechamente relacionado con los puntos señalados a partir de los resultados, y contrario a una creencia que se ha hecho muy popular en los últimos años, el déficit del régimen de reparto no se soluciona con el traslado de cotizantes desde el régimen de ahorro individual. Esa creencia está sustentada en algunos errores que se cometen al hacer las cuentas macroeconómicas del sistema pensional: (i) aunque en las cuentas inmediatas ese traslado representaría mayores recursos, al considerar plazos más largos se observa que en realidad esta situación incrementaría significativamente el déficit, dados los parámetros actuales del régimen de reparto y el envejecimiento poblacional; (ii) las cuentas sobre el régimen de reparto usualmente no incorporan el hecho de que su déficit observado es menor como consecuencia de una situación no deseable: la existencia de una alta proporción de personas que no logran obtener una pensión y a quienes en el régimen de reparto se les cobra un impuesto implícito significativo. Así, las consideraciones de dinámica demográfica y de sostenibilidad fiscal y financiera del sistema deben incluirse en la evaluación de las distintas propuestas para resolver los problemas del sistema pensional colombiano.

VI. Referencias

Arias-Rodríguez, F. & Parra-Polanía, J. (2021). Pensiones y reforma pensional: efectos macroeconómicos del envejecimiento en Colombia. Borradores de Economia 1173, Banco de la Republica de Colombia.

Becerra, O., Garcia, M,. & González, C,. (2022). Protección económica a la vejez en Colombia: avenidas de reforma. Nota técnica del BID 2443.

Catalán, M., Guajardo, J., & Hoffmaister, A. W. (2010). Coping with Spain's aging: retirement rules and incentives. Journal of Pension Economics & Finance, 9(4), 549-581.

Córdoba, J., & Piraquive, G., (2019). Escenarios de ajuste al sistema pensional colombiano. Facultad de Economía, Universidad de Los Andes. Documentos CEDE 22.

Heer, Burkhard (2019). Public Economics, The Macroeconomic Perspective. Springer Nature Switzerland.

Montenegro, S., Llano, J., Eslava, D., & Fajury, K., Cáceres, J. M., (2018) "Un modelo para evaluar el sistema pensional colombiano," Facultad de Economía, Universidad de Los Andes. Documentos CEDE 51.

Montenegro, S., Llano, J., Cáceres, J. M., & Fajury, K. (2019). Transición demográfica, tasas de retorno y tasas de reemplazo de sistemas de pensiones de capitalización versus sistemas de reparto. Facultad de Economía, Universidad de Los Andes. Documentos CEDE 15.

Montenegro, S., Llano, J., & León, S. (2020). ¿Qué le conviene más, régimen Público o privado? Análisis prospectivo tomando a los afiliados al SGP. Nota de Análisis No. 6. Asofondos.

Parra-Polanía, J., Arias-Rodríguez, F., Bejarano, J. A., López, M., Ospina-Tejeiro, J. J., Romero-Prieto, J. E., & Sarmiento-Gómez, E. (2020). Sistema pensional colombiano: descripción, tendencias demográficas y análisis macroeconómico. Revista Ensayos sobre Política Económica vol 96, pp 1-64.

Pessino, C. & Ter-Minassian, T., (2021). Addressing the fiscal costs of population aging in Latin America and the Caribbean, with lessons from advanced countries. IDB Discussion Paper No. 859. Inter-American Development Bank, Fiscal Management Division. April.

Suescún , Rodrigo; Steiner, Roberto (2017). Un modelo de equilibrio general dinámico para la evaluación de la política económica en Colombia. Reporte de Investigación, Fedesarrollo.

Anexos

Anexo 1.
Descripción del modelo base (Parra-Polanía et al., 2020) y valores de los parámetros.

Se trata de una versión simplificada y adaptada al caso colombiano de modelos de generaciones traslapadas para el análisis de sistemas pensionales, como el modelo de Catalán et al., (2010), para el caso de España, o Heer (2019), para un caso general de economías de la OCDE. El modelo incluye dos regímenes pensionales posibles, uno público de reparto y uno privado de capitalización. Es un modelo de economía cerrada y de estado estacionario y, por esto último, no incluye la dinámica de corto plazo del sistema y cualquier modificación analizada tiene efecto inmediato sobre todos los individuos en la economía. Se incluyen tres categorías de agentes: consumidores, empresas y gobierno.

Consumidores

Estos son diferenciados según su generación (edad) y el hecho de si trabajan o están retirados. En cada periodo (equivalente a un año) entra al mercado laboral una nueva generación de individuos de 21 años, y a su vez fallecen tanto la generación que ha llegado al máximo de edad del modelo (95 años) como algunos individuos de cada generación de acuerdo con las probabilidades de supervivencia calculadas en Parra-Polanía et al. (2020, Sección 2). El retiro ocurre a los 60 años y, por tanto, el periodo de vida laboral es de 40 años. Durante ese periodo, los trabajadores contribuyen a uno de los dos regímenes pensionales.[17] La pensión corresponde a una renta vitalicia (constante en términos reales) y por tanto se paga periódicamente hasta el fallecimiento del individuo.

El consumidor escoge cada periodo la cantidad de consumo (c) y de trabajo (l) con el propósito de maximizar el valor presente de la utilidad esperada durante su vida (lo cual incorpora una tasa de descuento (β) y la posibilidad de fallecer o, específicamente, la probabilidad de seguir vivo de un periodo a otro, denotada por ϕ):

$$\sum_{s=1}^{J} \beta^{s-1} \left(\prod_{j=1}^{s} \phi_{t+j-1} \right) u(c_{t+s-1}^{s}, l_{t+s-1}^{s}),$$

donde la función de utilidad de cada periodo toma la siguiente forma funcional (con parámetros σ y γ):

$$u(c_{t+s-1}^{s}, l_{t+s-1}^{s}) = \frac{(c_{t+s-1}^{s})^{\gamma(1-\sigma)}(1 - l_{t+s-1}^{s})^{(1-\gamma)(1-\sigma)}}{1-\sigma}$$

En cada periodo, el consumidor distribuye sus rentas tanto laboral (si aún trabaja, o pensional si está retirado y logró el derecho a una mesada pensional) como de capital (por rendimientos del capital acumulado previamente) entre consumo y ahorro (inversión en bienes de capital):

17 El modelo no incluye traslados. El efecto de estos en un modelo de estado estacionario es en general muy pequeño; en contraste, resultan muy relevantes para los resultados los supuestos sobre las proporciones de individuos que se retiran bajo cada régimen. Como se menciona en la Sección 3, con base en los datos observados para la economía colombiana (hasta 2019), suponemos que el 88% de quienes se pensionan y el 74% de quienes no, están afiliados al régimen de reparto.

$$c_t{}^s + k_{t+1}^{s+1} = \chi_t^s + [1 + r_t\ ]k_t^s$$

definiendo χ_t^s como:

$$\chi_t{}^s = \{(1 - \tau - \rho)w_t A_t l_t{}^s \quad si\ s \leq 40\ \ pen_t \qquad\qquad si\ s > 40$$

donde K_t es el capital que el consumidor alquila a las empresas para que estas produzcan, r_t es el rendimiento pagado por ese capital, w_t es el salario pagado en el mercado laboral, A_t es el factor de progreso tecnológico, pen_t es igual a la pensión recibida durante el retiro, τ representa el impuesto sobre los ingresos laborales y ϱ es la contribución obligatoria al sistema pensional. Los consumidores nacen sin posesiones y por tanto $k_t^1 = 0$.

La pensión en el régimen de reparto (RR) es, como en Colpensiones actualmente, igual a un porcentaje del promedio del ingreso laboral de los últimos diez años de trabajo del consumidor:

$$pen_t^{RR} = \theta \frac{\sum_{i=0}^{Z-1} \quad w_t A_{T-i} l_{T-i}}{Z}$$

siendo θ la proporción de cálculo para determinar el monto de la pensión con respecto a los últimos Z años efectivamente cotizados[18].

En el régimen de capitalización (RC) del modelo, al igual que en el caso colombiano, el consumidor aporta a una cuenta individual y al llegar a la edad de retiro, sus ahorros obligatorios más rendimientos se convierten en una renta vitalicia (basada en la expectativa de vida al momento de pensionarse, calculada en Parra-Polanía et al. 2020 en 83 años -23 años desde el retiro). La acumulación de ahorros y la pensión se calculan como sigue:

$$F_t = \rho w \sum_{q=1}^{t} \quad A_q l_q^s (1 + r)^{t-q} \qquad cuando\ t \leq 40$$

$$pen_t^{RC} = \frac{r(1 + r)^{23}}{(1 + r)^{23} - 1} F_{40}$$

Empresas

Maximizan beneficios mediante la producción, bajo una tecnología de rendimientos constantes a escala, a partir de la combinación de insumos, capital y trabajo. Suponemos una tecnología tipo Cobb-Douglas:

$$Y_t = (A_t L_t)^{1-\alpha} K_t^{\alpha}$$

que incluye un factor de productividad que incrementa la efectividad del factor trabajo en el tiempo, representada por A_t y que crece a la tasa exógena g_A. En equilibrio, y en términos efectivos (es decir, por cada unidad

18 Como se explicó en la Sección 3, el modelo no incluye directamente desempleo o informalidad, pero se toma en cuenta ajustando la cotización. Usando el mismo factor de ajuste se obtienen los últimos 10 años efectivos de cotización. Dado que el subgrupo de pensionados cotiza 25 de los 40 años de vida laboral, sus últimos 10 años efectivos de cotización corresponden cronológicamente a 16 años (10x40/25).

efectiva de trabajo), cada factor de producción se remunera de acuerdo con su productividad marginal, en un resultado estándar en la literatura:

$$w_t = (1-\alpha)\kappa_t^{\alpha} {L_t}^{-\alpha}$$

$$r_t + \delta = \alpha\kappa^{\alpha-1} {L_t}^{1-\alpha}$$

donde $\kappa_t = K_t/A_t$ es igual al capital por unidad efectiva de trabajo en el período t. w_t, r_t y δ denotan respectivamente el salario, la tasa de interés y la tasa de depreciación, respectivamente.

Gobierno

El gobierno de este modelo cumple la única función de administrar el sistema pensional público y recaudar recursos de los agentes de la economía con el objetivo de pagar las pensiones que tiene a su cargo, es decir, las mesadas de todos los pensionados bajo el régimen de reparto (y en la extensión realizada para el presente documento, pagar también los subsidios a las pensiones de salario mínimo del régimen de ahorro). La tasa de impuesto a las rentas laborales se determina endógenamente para asegurar que, periodo a periodo, el sistema pensional está balanceado en términos de recursos.

Valores asignados a los parámetros

La lista de parámetros, su descripción, y los valores asignados se encuentra en el Cuadro A.1. Para dar valor a los parámetros β, γ y σ, partimos de los valores usados por Heer (2019, Capítulo 6) -en un modelo de generaciones traslapadas para EEUU con igual función de utilidad a la usada en el presente artículo (β=1,01, γ=0,31 y σ=2,0)-. y los calibramos permitiendo diferencias con respecto a esos valores de referencia con el fin de obtener una tasa de interés de equilibrio igual a 4,5%.

Para la proporción del ingreso por capital en la producción (α) y la tasa de depreciación (δ) –que Heer fija en 0,36 y en 0,08, respectivamente- fijamos valores intermedios con respecto a los usados por Suescún y Steiner (2017) para el caso de los sectores de la economía colombiana.

Parámetro	Valor	Descripción
$\boldsymbol{\beta}$	1,02	Factor de descuento.
$\boldsymbol{\sigma}$	2,5	Inverso de la elasticidad de sustitución intertemporal.
$\boldsymbol{\alpha}$	0,4	Participación del ingreso por capital.
$\boldsymbol{\theta}$	0,64	Proporción en la fórmula de cálculo de la pensión (en el régimen de reparto).
$\boldsymbol{\delta}$	6,0%	Tasa de depreciación.
$\boldsymbol{\gamma}$	0,44	Peso relativo del consumo en la utilidad.
$\boldsymbol{g_A}$	2,5%	Tasa de crecimiento (per cápita) de la economía.

Parámetro	Valor	Descripción
ι	Según el año de acuerdo a estimaciones DANE	Tasa de crecimiento de la población.
ϱ	7,19%	Contribución obligatoria al sistema pensional.
Γ_T	88%	Proporción de pensionados en el régimen de reparto.
T	40	Número de períodos de vida laboral.
TR	35	Número máximo de períodos de retiro.
Z	16	Número de periodos de trabajo para el cálculo de la pensión en el régimen de reparto

Para g_A , usamos la tasa promedio de crecimiento per cápita de la economía colombiana desde 2000 hasta 2018, con datos del Banco Mundial.

Para la explicación de los valores asignados a ϱ y Z, véase la nota al pie 7.

Anexo 2.
Valores asignados a los parámetros nuevos en el modelo ampliado.

Como se mencionó en la Sección 3, el presente trabajo extiende el modelo original mediante la partición de los hogares en tres grandes grupos de acuerdo con su perfil de productividad: *bajo, medio* y *alto*. A su vez, dentro de cada uno de ellos, se consideran diferentes proporciones de los siguientes dos subgrupos: uno en el que los hogares cotizan el equivalente a 25 de sus 40 años de vida laboral y, por consiguiente, logran (en cualquiera de los dos regímenes) cumplir los requisitos para obtener una pensión; y otro en el que solo cotizan 8 de esos 40 años y por tanto no cumplen el correspondiente requisito.

Con base en datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares y las bases de datos construidas en Montenegro et al. (2020), suponemos que los grupos *medio* y *alto* tienen respectivamente un nivel de productividad igual a 2,4 y 7,0 veces el nivel de la productividad del grupo *bajo*. En el grupo *bajo* hemos incluido el 42% de trabajadores con menor ingreso. En el grupo *alto* incluimos el 32% de trabajadores con mayores ingresos. El 26% restante queda asignado al grupo *medio*. La proporción de personas que cumple los requisitos de pensión dentro de cada grupo de productividad (*bajo*, *medio* y *alto*) es, respectivamente: 11%, 17% y 45%.

El salario mínimo para el año 2020 se toma como aproximadamente 1,14 veces el ingreso promedio del grupo *bajo*. Este es un valor cercano al observado recientemente para Colombia (1,18). Con base en datos históricos, suponemos un crecimiento real anual del salario mínimo de 1,6%.

También mencionado en la Sección 2, con base en los datos para la economía colombiana, suponemos que para el escenario inicial el 88% de quienes se pensionan y el 74% de quienes no, se retiran bajo el régimen de reparto.

Escenarios alternativos

Para generar un aumento de la cobertura pensional (a 30% en 2030 y 40% en 2050), suponemos que la proporción de personas que cumple los requisitos de pensión dentro de cada grupo de productividad (*bajo, medio* y *alto*) es, para 2030, 15%, 30% y 81%, respectivamente; y para 2050, 22%, 45% y 91%, respectivamente.

Para el escenario de reconocimiento de retornos reales, la tasa de crecimiento poblacional la suponemos igual a 0,9% y 0,3% anual para 2030 y 2050, respectivamente. La tasa de crecimiento de la productividad per cápita la suponemos igual a 2,5% para cualquier año, al igual que en el modelo original.

Slow Dynamics of Job Flow Rates in Colombian Industry[*]

Por:
Alvaro Cháves[**], *Alejandro Mesa*[***], *Fernando Mesa*[****]

Keywords: *Firm Behavior and Empirical Analysis, Labor Demand, Market Structure Size Distribution of Firms, Panel Data Models, Instrumental Variables (IV) Estimation.*
Palabras clave: *Comportamiento de las empresas y análisis empírico; Demanda laboral; Distribución del tamaño y estructura de mercado; Modelos "Panel Data"; Estimación de variables instrumentales (IV).*

JEL: *D22, J23, L11, C33, C36.*

Slow Dynamics of Job Flow rates in Colombian Industry.

Baja Dinámica de las Flujos de Puestos de Trabajo en la Industria Colombiana.

Primera versión recibida el 17 de mayo de 2023; versión final aceptada el 28 de septiembre de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 29-50. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Abstract

This study examines the creation and destruction of jobs in the Colombian industrial sector, at the establishment level. To achieve this purpose, the traditional academic literature on this issue is integrated with the most recent literature on the production factor shares in the product, which allows the analysis to be focused on market conditions. A close positive relationship is found between job flow rates and the labor income share in the product value, and a negative relationship with markups. The expected negative relationship between these job flow rates and the degree of concentration in the manufacturing sector markets is not obtained, given the low dynamics of changes that were registered in this sector. The above statistical relationships have strong implications for decisions in designing the labor market policies.The empirical analysis uses two econometric techniques, a static GMM and a dynamic Arellano-Bond with instrumental variables and fixed effects. Additionally, a robustness test is performed with a difference-in-differences model.

Resumen

Este estudio examina la creación y destrucción de puestos de trabajo en el sector industrial colombiano, a nivel de establecimiento. Para lograr este propósito, la literatura académica tradicional sobre este tema se integra con la literatura más reciente sobre la participación de los factores de

* We are grateful for the helpful comments received from the presentations at the seminars of Banco de la República, FEDESARROLLO, Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Norte, and Asociación Colombiana de los Programas de Economía "AFADECO". The authors also wish to acknowledge the valuable comments of an anonymous reviewer, as well as those of Lucas Delgado, Ricardo Rocha, and Jaime Tenjo.

* Agradecemos los comentarios que se recibieron de las presentaciones en los seminarios del Banco de la República, FEDESARROLLO, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Norte y la Asociación Colombiana de los Programas de Economía "AFADECO". Los autores también agradecen los valiosos comentarios de un revisor anónimo, así como los de Lucas Delgado, Ricardo Rocha y Jaime Tenjo.

** Department of Economics. Escuela Colombiana de Ingeniería-Julio Garavito. alvaro.chaves@escuelaing.edu.co

*** Information Sciences Institute Emerging Markets. amesa@isimarkets.com

**** Consultor, Inteligencia Económica y Estratégica, BIOECOVAL. fernando.mesa@bioecoval.co; fmesaparra@gmail.com

producción en el valor del producto, lo que permite centrar el análisis en las condiciones del mercado. Se encuentra una estrecha relación positiva entre las tasas de flujos de puestos de trabajo y la participación de los ingresos laborales en el valor del producto; y una relación negativa con los márgenes de ganancia. La relación negativa esperada entre las tasas de flujo depuestos de trabajo y el grado de concentración en los mercados del sector manufacturero no se obtiene, dada la baja dinámica de los cambios estructurales que se registraron en este sector. Las relaciones estadísticas anteriores tienen fuertes implicaciones para las decisiones del diseño de políticas pública del mercado laboral. El análisis empírico utiliza dos técnicas econométricas, el Método Generalizado de Momentos estático y el de Arellano-Bond dinámico con variables instrumentales y efectos fijos. Además, se realiza una prueba de robustez econométrica con un modelo de diferencias en diferencias.

1. Introduction

The accepted perception of the Colombian industry is its low dynamism in job creation, which is somehow related to its limited performance in the sector and its structural conditions. The interest, especially academic, is to study the dynamics of the labor market of the Colombian industry, a medium-income economy, with a low dynamic of technological changes in its production processes, and the predominance of small productive units in the sector, if it is compared to the more advanced economies with greater industrial development (Eslava et al., 2022; Mesa and Torres, 2019).

This paper analyzes particularity the net flows of job creation and destruction in the Colombian industrial sector. The starting point to address this empirical problem is, of course, to define the concept of job creation and destruction at the industrial plant or establishment level, terms that are used interchangeably (Haltiwanger et al., 2013). An establishment is a fixed single location of business activity, which may or may not be part of a firm. We use the term net job flows to refer to the augmenting or reducing of the total number of employees in a particular plant. Then, these net flows could reflect partly the expansion or contraction of plants. This analysis highlights the role of the demand-side disturbances that induce shifts in the net job flows.

It is difficult to determine whether the large job flows primarily reflect temporary layoffs and recalls or worker turnover, as a consequence of continuous reallocation of workers at the plant level (Davis et al., 2006), an issue that is not the aim of this paper. By contrast, our analysis is the job creation minus the job destruction at the plant level; and that is net flows, according to the official statistics.

Whatever the economic situation, the notable fact is the simultaneous existence of job creation and destruction. In this way, it is important to evaluate the dynamics of the net job flows, since this indicator shows the essence of the trajectory of economic activity: the greater the dynamics of job creation and destruction, according to the concept of Shumpeterian creative destruction (Aghion et al., 2021), the greater the capacity of the productive system to adapt to new economic scenarios as well as existing technological conditions.

Currently, this problem of the creation and destruction of jobs at the establishment level has usually been addressed according to their size, age and whether or not they belong to multi-plant companies; or also with variables related to the external sector (Blanchard and Diamond, 1992; Burgess et al., 2000; Davis et al., 2006; Haltiwanger et al., 2013; Haltiwanger, 2015; Klein et al., 2003; Melo and Ballesteros, 2014; Mesa, 2012). Although it is important to address this labor market problem with the usual determinants that characterize the production units of industrial activity, it is important to introduce the market conditions in which the productive units operate.

Recently, market considerations have been incorporated into the study of the 3 labor and capital income share in the value added in the economies, issues that have a clear and close relationship to the creation and destruction of jobs. In fact, the greater the net positive flow of jobs, the greater the labor income share in the economy. Structural market conditions have been related to the markups and market concentration degrees, and these two variables are applied here to analyze net job flows (Autor et al., 2020; Dao et al., 2017; De Loecker et al., 2020; Ibarra and Ros, 2019; Grossman and Oberfield, 2022; Hubmer and Restrepo, 2021; Sangmin and Yongseok, 2020).

This connection of two streams of literature enriches the analysis of net job flows with the introduction of market conditions. Thus, the novelty of this work is to connect two analytical contributions from the literature to explain the creation and destruction of jobs in the Colombian industrial sector for the period 2001-2020 and apply more adjusted and appropriate statistical analyses to address this issue. The creative de-

struction of firms and jobs, related to innovation and the diffusion of knowledge as a central foundation of economic growth (Aghion, 2018; Aghion et al., 2021), allows understanding changes in net job flows under other perspectives and would subsequently contribute to the design of the Colombian industrial policy.

In this paper, there is a starting point and two fundamental hypotheses about net job flows. The starting point is to show that empirically there is a positive correlation between the net job flows, in percentage terms, and the labor share income in the total value of production, as noted above: the lower the share of the labor factor, the lower the dynamics of net job flow rates. In this way, the connection between the two strands of literature can be validated.

This first hypothesis refers to the negative relationship between the dynamic of the net job flow rates and industrial markups. The above results could be explained as follows. A fall in the capital cost relative to labor, as a consequence of the reduction in the relative price of quality-adjusted equipment, allows an increase in the capital share in total income and against labor, by increasing the job destruction more than the creation. All these effects are measured with the markups. But, naturally, these results are fulfilled if the capital-labor elasticity of substitution is greater than one (Autor et al., 2020; Dao et al., 2017; Hubmer and Restrepo, 2021).

Thus, the higher the mark-ups, the greater the capital factor share, and the decrease in the labor factor share in terms of the total production value, along with the reduction in the creation and destruction of jobs. One of the main statistical results of this paper is to show that there is a negative relationship between mark-ups and net job flow rates, given the existence of labor-capital substitution.

There are different methods for calculating markups at the establishment level, but the analytical expression used here is the one obtained by minimizing a cost function. (Autor et al., 2020; De Loecker et al., 2020). The analytical expression used is the relationship between the production value and the wages paid, multiplied by the output-labor elasticity, where this elasticity must be estimated with econometric methods.

The second hypothesis argues that a greater market concentration by the most productive, large, capital-intensive firms, and a fall in the labor income share (Aghion et al., 2021; Autor et al., 2020), should generate a lower dynamic in the net job flow rates. Although larger firms pay higher wages, the dominant factor is that of capital. Given the positive correlation between labor share and net labor flow rates, there should be a negative relationship between net job flow rates and market concentration. The Herfindahl-Hirschman Index (HHI), as a measure of the degree of market concentration, is used to verify the second hypothesis, and this index is defined as the squared sum of the total revenue shares for different industrial branches.[1]

On the other hand, the Colombian labor market, related to the formal employment used in the manufacturing sector, is characterized by high levels of non-salary costs that the employer must face. Among these costs are the minimum wage with respect to the country's productivity, contributions to health, and pension. Other costs are labor employer contributions to finance public social services, such as job training and childcare ("para-fiscales"), transportation (commuting) subsidies, and severance payments. All these labor market rigidities imply that this market is unable to adjust to the business cycle (Mondragón-Vélez et al., 2010).

The statistical source for the overall analysis is fundamentally the Colombian Annual Manufacturing Survey (AMS), collected by the Colombian Statistics Department (DANE). The survey is for plants with ten

1 Although the official industry surveys do not record all the firms, since the micro-firms are not surveyed, the information accounts for a high percentage of both sales and production, which allows us to roughly measure the degree of market concentration.

or more employees, although there are cases in which some of them registered fewer than ten when their economic and financial performance deteriorated and they still remain in the market. Furthermore, the establishments analyzed in this study are those that remain in the market for more than three years.

The two working hypotheses, the negative relationships of markup and HHI with respect to net job flow rates are verified by estimating panel data models, with fixed effects: one static according to the GMM method and another dynamic according to Arellano-Bond. The fundamental regressors of these models are the logarithm of real wages,[2] the markups and the HHI. The control variables are the capital-output ratio; the number of establishments belonging to a company; and the shares of unskilled workers and workers with temporary contracts, both with respect to the total number of employees. Given that there is an endogeneity problem between real wages and net job flow rates, both econometric models are estimated with instrumental variables.

To check the robustness of the econometric results, both models are estimated for all the establishments surveyed and then for those with less than 50 employees. Next, a quasi-experimental difference-in-differences model is estimated to test whether changes in the two fundamental variables (markups and HHI) affect net job flow rates in the industrial sector.

Empirical findings confirm that higher markups in the Colombian industry lead to a decrease in net job flow rates. This is explained because higher markups encourage establishments to intensify the use of capital against labor. This result should occur together with the substitution between capital and labor.

The effect of market concentration in Colombian industry, according to the HHI, registers the expected negative sign on net job flow rates (less creation and more destruction of job flows) in the static estimation by GMM, but not in the dynamic econometric model. In general, the results with this variable are not statistically robust, because there was not a clear process of great industrial structural changes in the analyzed period.

Due to the previous result, the quasi-experimental difference-in-differences model is applied only for the markup variable and not for the HHI. This exercise says that there is a causality relationship between markups and the net job flows, and the logarithm of the real wage parameter is greater than the panel data models estimated before

This paper is divided into four sections. The first is this introduction. The second analyzes the basic statistics of the net job flow rates and the relationships with the labor income shares, and then the markups and industrial market concentration are presented. The third is dedicated to the estimates of the econometric models that explain the net job flow rates. The last is for conclusions.

2. Empirical evidence

This section is divided into two parts. The first illustrates the creation and destruction of jobs, with some statistics related to the number of plants, and additionally shows the relationships between the net job flow rates with the labor income share with respect to the total value of production and the value-added for the Colombian industrial sector, in the period 2001-2020. The second part analyzes the trends in industrial markups and HHI, broken down into consumer, intermediate, and capital goods.

2.1. Net job flow rate statistics

Since this study deals with the creation and destruction of jobs, some basic statistics on this issue are described below. The establishment evolution and creation and destruction of jobs are illustrated in Table 1. The total

2 Real wages are obtained from the consumer price index.

establishments or plants surveyed by DANE do not exceed 10,000, being its lowest number of 6.592 in 2000 and the highest in 2010. The number of plants that did not change the number of employees was nearly 11%. Those that created jobs were, on average, slightly higher and more volatile than those that destroyed them.

Since the analysis of net job flows is in terms of growth rates, the calculation method for plant *i* and in year *t* is:

$$flows_{i,t} = \frac{L_{i,t} - L_{i,t-1}}{\frac{L_{i,t} + L_{i,t-1}}{2}}, \quad (1)$$

where the variable L in Equation 1 is defined as the total number of employed in year t for establishment i (Haltiwanger et al., 2013).

Table 1:
Summary statistics: Net flows of Job Creation and Destruction: 2001-2020

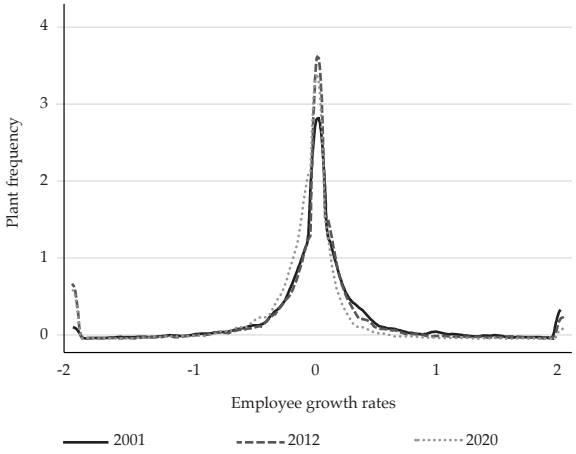
	Mean Plants	SD	Min	Max
Total plants	8.179	1.051	6.592	9.942
Plant creating jobs	3.721	651	2.201	4.989
Plant destroying jobs	3.529	590	2.623	4.418
Total jobs	653.914	65.096	518.625	725.763
In jobs	98.962	26.398	41.193	136.309
Out jobs	91.339	17.121	60.626	121.191

Source: DANE, AMS.

The total number of employed was around 654.000, reaching its highest value of 726.000 in the middle of the period (Table 1). thus, there is a higher number of jobs created than those destroyed, although also with greater volatility. The average net flow of jobs created, concerning the total employed, was 15,1%; and the net flow of destroyed jobs of 14,0%.

The growth rates of the creation and destruction of jobs in the manufacturing sector in 2001, 2012, and 2020 are presented by three kernels in Figure 1. There are two particular facts: first, the symmetry between the net flows of job creation and job destruction; and second, the high concentration around zero. These mixed results are explained by the considerable differences and uncertainties that firms have regarding the profitability of their investments, which depend on the degree of competition in the markets as well as the markup levels (Haltiwanger, 2015 and Aghion et al., 2021).

Figure 1:
Net in/out job flow rates (percentages (percentages)



Source: DANE, AMS.

The meaning of the extreme values of Figure 1 is as follows. The minus 2 is the job destruction when the plants leave the markets, and the positive 2 is the job creation when the plants enter them. This graph also shows a greater number of plants leaving than entering the markets, at least for the first two years. But it should be noted that for 2020 the establishments that enter are not taken into account, since by statistical construction those that remain for less than three years are not included.

It should be noted that the extremes to the left of the three kernels, firms leaving the market increase. On the contrary, at the extreme right, firms entering the market, are flattened. Also in 2020, during the pandemic times, the kernel shifted to the left, meaning the number of job-destroying rose.

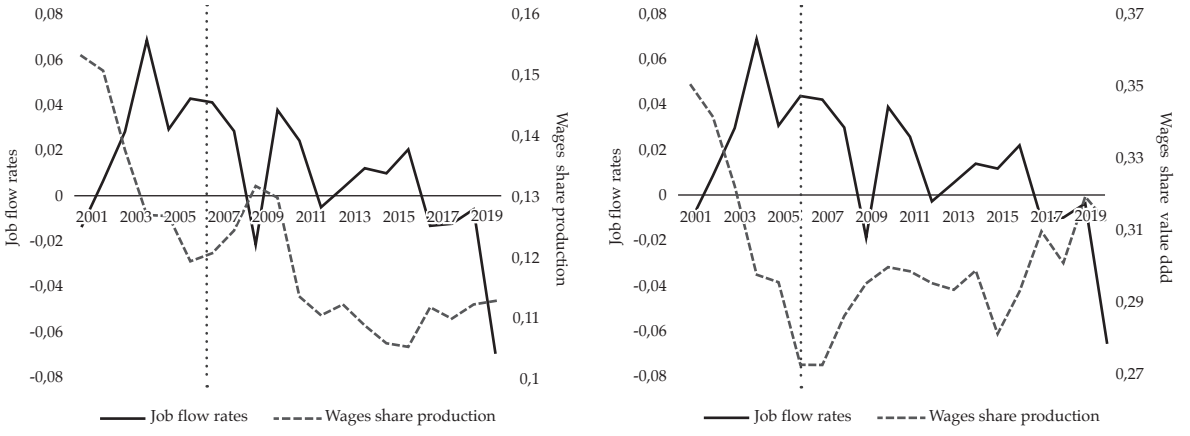
Figure 2 shows the relationship between net job flows and the labor income share in terms of the total value of production (left panel) and in terms of value-added (right panel). It is essential to note the difficulties in accurately measuring total labor remuneration in the industrial sector. Not only are all salary payments included, but also others such as insurance, and fees. There is also industrial work provided by third parties, which counts other industrial establishments. The source of all this information is provided by the AMS.

As Figure 2 shows in both panels, the job creation rates predominated over the job destruction rates in the first years of the expansive industrial cycle; but with the Venezuelan trade shock that began in 2006 and the international financial crisis that followed, the job destruction rates tended to rise more than the job creation.

The left panel of Figure 2 shows that the trend of the labor income shares in the total production value, and more related to the markup, is clearly decreasing. This fall is from nearly 15,2 in 2001 to 11,9% in 2006, and in the last years of the period that share fluctuates between 10 and 11%. In this panel, the trend of the labor income share, as well as that of net job flow rates, is decreasing.

The labor income shares in value-added in the right panel of Figure 2, which is more related to the profit rates, falls from 34% in 2001 to 26% in 2006 and 8 then recovers to reach 30% in 2020. By way of comparison with Mexico, in its private business sector, this wage share fell from 28,7% in 1990 to 22,8% in 2015, after reaching a peak of 31,8% in 1994 (Ibarra and Ros, 2019). In the Brazil case, according to the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) database, this labor share in the manufacturing sector increased from 33% in 2010 to 41% in 2015.

Figure 2:
Flow rates of in/out Jobs, and Wages Share in Production Value (left) and in Value-Added (right) the Manufacturing Sector.



Source: DANE, AMS.

Thus, the sharp fall in the labor share in the total production value until 2005 coincides with the recovery of industrial growth, marked by the dynamics of internal demand and the rise in international commodity prices, especially oil. That expansive phase of the industry cycle was also supported in part by Venezuelan demand for industrial goods (Carranza et al., 2018). The recovery of the labor income shares in 2006-2007 coincided, on the contrary, with the drop in manufacturing exports to the Venezuelan market, which could have been transitory given the market diversification that these types of manufacturing exported to other regions (Carranza et al., 2018), and later on with the financial crisis of 2008. In the subsequent years, with the slow and volatile recovery of growth rates in this sector, the labor share with respect to the total production values decreases, but in terms of the value-added increases.

2.2. *Markup and industrial concentration indexes*

The methodology for measuring the markup is that suggested by De Loecker et al. (2020), and is explained in Appendix A. The analytical expression is the relationship between production value and labor costs, multiplied by the output-labor elasticity

$$\mu_i = \varepsilon_i \frac{P_i Y_i}{\omega_i L_i} \quad (2)$$

being $\mu_i = \frac{P_i}{c_i}$.

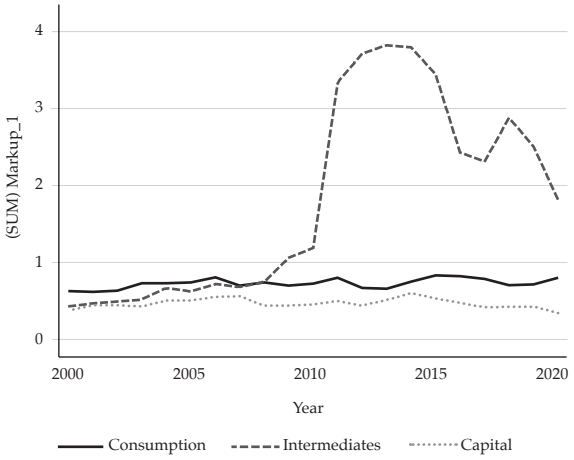
The Equation 2 is used to calculate the markups at the establishment level, and the output-labor elasticities must be estimated econometrically. This equation shows that the lower the labor share in the production value and the greater the response of output to increases in the labor factor, the greater the markups and the capital factor share in the value produced by the establishments.

The elasticity is estimated through a production function, which presents two biases, simultaneity, and selection, as were raised by Olley and Pakes (1996). Simultaneity bias arises because productivity shocks are partly known by profit maximizing firms but not in the econometric modeling. Firms then increase inputs used as a result of positive productivity shocks, but they decrease them if there is a negative one.

The selection bias is due to the correlation between negative productivity shocks and firms leaving markets. A firm with a larger capital stock is more likely to stay in the market despite a low productivity shock than a firm with a smaller capital if the former would expect higher profits in the future at the current productivity levels.

Applying the methodology and corrections recommended by the literature, as is explained in Appendix B, the elasticities are estimated and the markups are calculated. Figure 3 shows the markups by groups of goods, which are: consumption, intermediate, and capital goods.

Figure 3:
Markups for industrial activities classified according to their economic use or destination



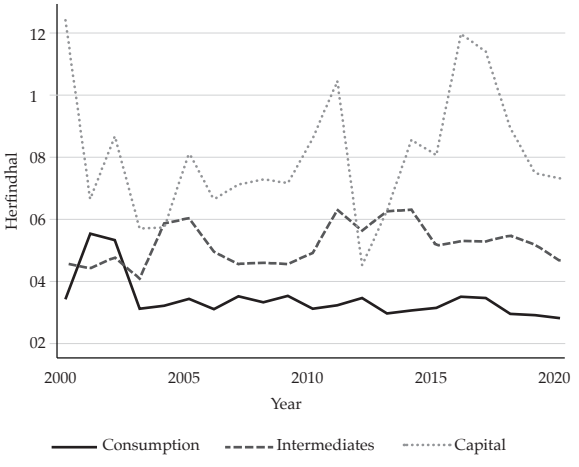
Source: DANE, AMS.

Figure 3 shows how markups jump disproportionately in the industrial activities producing intermediate after 2009, but in the last seven years of the period, they fall. The increases in markups in the consumer goods industries, by contrast, was relatively slight. The markups of the industries that produce capital goods fall in the last years of the period.

The minor changes and low markups in the first years of the period coexist with great dynamics of creation and destruction of jobs and with the loss of labor share in value-added. On the contrary, the largest changes in the markups occurred with the decrease in the creation and destruction of jobs, and with the recovery of the labor share (Figures 2 and 3).

The HHI is used as an indicator of the intensity of competition in the markets, and the size of firms in relation to others within the same industrial activity. Figure 4 shows that the industry activity of capital goods presents ups and downs in their trends, with a growing concentration between 2012 and 2016, and then falling. The consumer goods industry shows a slight downward trend, and the intermediate goods industry does so in the last years of the period.

Figure 4:
Herfindhel-Hirschman concentration index for industrial activities, according to CIIU



Source: DANE, AMS.

In summary, the cycle of the Colombian industry in the first two decades of the century is, first, of recovery of the dynamism of growth; and then between 2008 and 2009 entered into crisis. Subsequently, the sector began a recovery again, which was slow and with low dynamism; and in 2020 the pandemic occurred.

The higher industrial growth rates are correlated with declines in the labor share in the industrial value-added and increases in the net job flow rates (Figure 2), without any major changes in markups and in market concentration (Figures 3 and 4). The crisis and slow recovery phase coincide with the recovery of labor share in the value-added and the decline in net job flow rates (Figure 2), along with significant increases in the markup (Figures 3). Market concentration indexes do not show clear trends, especially capital good activities (Figures 4). Throughout the period, there is a general trend of increasing markups, but not market concentration.

3. Econometric strategy and its robustness

Here we analyze the specification of the econometric models that are estimated. The endogeneity problem that occurs with these models is discussed in Appendix C. The estimated results and the tests required when the problem of endogeneity arises are reported and analyzed. The first approach to test the robustness is carried out with a smaller number of plants, for those with less than 50 employees.

The second subsection performs another robustness test with a difference-in-differences model. This model allows for verifying the causal relationship between changes in markups and changes in the net job flow rates, and for this purpose, the existence of the parallel trend assumption is applied. It is not applied to the HHI, because no robust statistical results were found for this variable.

3.1. Econometric model

This subsection specifies the models that are estimated by two methods: a statistic panel by the Generalized Method of Moments (GMM), and another dynamic by Arellano-Bond, both with fixed effects. In addition, the endogeneity problem of 12 real wages means that the models are estimated by instrumental variables. The corresponding tests for the identification of the instrumental variables (under-identification, weak identification, and over-identification) are verified.

3.1.1. Identification analysis

The dependent variable of the model is the percentage changes in the net flows of creation and destruction of jobs, *g*, at the establishment level (Equation 1). Three types of regressors are included: relevant, control, and time. The latest takes into account the effects of the economic cycle.

The relevant regressors of the model are the logarithm of real wages (*Log.W*), the industrial markups (Markup), and the HHI (*Herfindal– Hirshman*). The control variables are the logarithm of the capital-output ratio (*log capital/output*); the relation between unskilled workers (*Unskill*), and workers with temporary contracts (*Tempo*), both related to the total employees; and the number of establishments belonging to the same firm (*Numb.Plants*).

The expected signs of the parameters for the three relevant regressors with respect to the net job flow rates must be negative. This means that increases in real wages, markups, or the degree of market concentration lead to reductions in the net flow rates of job creation and destruction.

The expected signs for the control variables are the following. The capital-output ratio parameter is negative (*logcapital/output*). The signs for the number of plants per firm (*Numb.Plants*), and the ratios of unskilled workers (*Unskill*), and temporary workers (*Tempo*) with respect to the total employees are positive. The sign of the first parameter is the well-known substitution effect due to capital factor efficiency, and the others are in line with greater labor market flexibility.

The general econometric model to estimate is:

$$g_{i,t} = \beta_0 + \beta_w \log W_{i,t} + \boldsymbol{X}'_{1,i,t}\beta_1 + \boldsymbol{X}'_{2,i,t}\beta_2 + \lambda_t + \mu_i + \epsilon_{i,t}; \quad (3)$$

where $\mathbf{X}_1$ is a matrix *nx2* with relevant regressors, and $\mathbf{X}_2$ is the other matrix nx4 with the control regressors, all of them defined back. The vectors β_1 and β_2 are the parameters of the respective matrices $\mathbf{X}_1$ and $\mathbf{X}_2$. The last three components are a vector of time dummies, λ_t; another vector of fixed effects, μ_i; and a random error term, $\epsilon_{i,t}$.

Estimation methods are of two types. The first is a static panel and is estimated by the GMM. The second method is a dynamic panel, which uses the Arellano-Bond technique when the dependent variable is lagged once as an additional regressor. All specifications include a time vector of dummies.

Noteworthy that the logarithm of the real wages arises as an endogeneity problem with net job flow rates in Equation 3. This econometric problem is explained rigorously in the Appendix C and is seen through a matching function. Then, this regressor must be instrumentalized, in a first-stage regression, with the labor productivity (*Labor Prod*) and the unemployment rate of the thirteen Colombian metropolitan areas (*unemployment*). The set of instrumental variables (IV) is $\boldsymbol{V}$ and is a matrix n×2. This is a full set of variables that are assumed to be exogenous, i.e., $E(Z_i\mu_i) = 0$ (Hayashi, 2011).

$$log.W_{i,t} = \boldsymbol{M}_{i,t}{}'\pi_1 + \boldsymbol{V}_{i,t}{}'\pi_3 + \epsilon_{i,t}; \quad (4)$$

where $\boldsymbol{M}$ is the covariate matrix, and $\boldsymbol{V}$ is the instrumental variable matrix. For the dynamic panel, both the dependent variable (the growth rate of net

job flows) and the logarithm of real wages, the latter instrumentalized, are lagged for one period.

3.1.2. Estimation

The parameters estimated by the fixed effects panel data models are reported in Table 2, for the period 2001-2020. Column 1 is a static panel GMM and column 2 is the dynamic Arellano-Bond panel, for all plants surveyed. Columns 3 and 4 have the same econometric specifications but only for plants up to 50 employees.

Before analyzing the results of the parameters estimated by the models, it is important to show their robustness tests of them. These are the under-identification test (Anderson-Canon), the weak identification test (Cragg-Donald-Wald), and the over identification test (Sargan). All of them reject the null hypothesis in columns (1) and (3).

The high p-value in the Anderson-Canon (AC) test rejects the null hypothesis that the instrumental variables are under-identification, and there is no problem with them. The Cragg-Donald-Wald (CDW) test shows that the two instruments are not considered weak in the first stage and the two instruments (labor productivity and unemployment rate) can replace the endogenous log variable of real wages. Finally, the Sargan statistic test rejects the hypothesis that the real wage regressor is orthogonal to the error term, and therefore an IV estimation is the technique required.

The estimated results are as follows Table 2:

1. The negative signs of the instrumented logarithm of real wages are as expected in the four cases and statistically significant at one percent. The estimated values of the static panels are not different from the dynamic ones, despite the lag of this variable. It should be noted that there is a downward bias in this parameter estimated.

2. Markup signs are negative and significant at 1%. This means that increases in markups lead plants to reduce job creation and increase job destruction. If the markup increases, it indicates less dynamism in the industrial labor market and, of course, the loss of labor income share in the value produced.

3. The HHI registers a negative sign in the GMM specification, and a positive in the Arellano-Bond dynamic panel, and all of them are not statistically significant. This result, therefore, does not show that changes in the degree of the Colombian industry concentration have contributed to modifying the dynamics of the Colombian labor market.

4. Regarding the control variables, it is worth making some comments on the capital-output ratio. Its parameter is negative and statistically significant at one percent, indicating that the higher this ratio is, the less efficient the capital factor is with a negative impact on the net job flow rates. The dynamic of job creative destruction would be really low.

   The above result is an indication that the lower the capital-product ratio, or the more efficient the capital factor, the greater the dynamics of creative destruction with the corresponding reduction in the labor income share in the value produced. Those firms that introduce new capital-intensive technologies, due to their lower relative price in relation to the labor factor, would see the remuneration of capital increase in the share of the value of production (Hubmer and Restrepo, 2021).

Table 2:
Net Flows of Job-Creation and Job-Destruction Estimation

	(1) flows	(2) flows	(3) flows	(4) flows
Log. Real Wages	-0,106***	-0,110***	-0,263***	-0,214***
	(0,030)	(0,015)	(0,038)	(0,018)
Markup	-0,566***	-0,886***	-0,509***	-0,594***
	(0,027)	(0,024)	(0,034)	(0,024)
Herfindhal-Hirshman	-0,012	0,124	-0,068	0,067
	(0,063)	(0,083)	(0,077)	(0,101)
Log capital/output	-0,151***	-0,276***	-0,097***	-0,150***
	(0,003)	(0,002)	(0,003)	(0,003)
Break Tend	-0,202***	-0,092***	-0,106***	-0,151***
	(0,007)	(0,004)	(0,010)	(0,006)
Tempo	0,079***	0,213***	0,029***	0,134***
	(0,006)	(0,007)	(0,007)	(0,008)
Numb. Plants	-0,000	0,013***	-0,002	0,014***
	(0,001)	(0,002)	(0,001)	(0,002)
Unskill	0,082***	0,135***	0,145***	0,240***
	(0,010)	(0,012)	(0,010)	(0,013)
Flow rates (Lag)		-0,233***		-0,091***
		(0,002)		(0,003)
Labour Productivity		0,000***		-0,000
		(0,000)		(0,000)
Unemployment		-0,006***		-0,009***
		(0,001)		(0,001)
Log Real Wages (Lag)		-0,026**		0,339***
		(0,011)		(0,016)
Observations	151.912	138.302	95.524	81.646
Period	2001-20	2001-20	2001-20	2001-20
Method	GMM	Ar Bond	GMM	Ar Bond
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Test	IV		IV	
Anderson	2.256,73		8.177,24	
CDW	2.293,48		9.039,59	
SW	12,03		2.978,02	
Sargan	0,00		0,00	

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Dependent variable: Net job flow rates
Data source: Estimations using DANE, AMS.

5. The parameters obtained from unskilled workers and those with temporary contracts, in relation to the total employed, indicate that these factors introduce greater dynamism into the labor market, and allow greater creative destruction of jobs. Regarding the number of plants per firm, the estimated parameters are not significant and show that this variable has no effect on the net job flow rates.

   A difference found is in the estimated parameter for the logarithm of real wages between the total of plants surveyed and those that hire up to 50 employees. It is greater for smaller plants and in the dynamic panel the lag has a positive sign. This means that variations of ten points in the logarithm of real wages have a greater impact on small plants than on large ones, and adjustments are faster. In relation to the estimated parameter for the markup, this is lower for the smallest ones.

   The estimated parameter of the lag of the dependent variable, the net job flow rates, is significantly reduced for small plants. This result is consistent with the above; that is, small plants adjust faster than large ones.

3.2. Robustness check

This subsection presents the robustness test of the statistical causal relationship between changes in the markup trend (3) and net job flow rates (2). The same exercise is not carried out for the HHI, since there are no significant changes in the behavior of this series, and the estimated parameters confirm that the impact of the HHI is ambiguous on the labor market.

Therefore, a quasi-experimental differences-in-differences model is estimated to verify that changes in markup trends affect the net flows of job creation and destruction. For this analysis, two groups are defined, one that is the object of the treatment (which is affected by the trade break with Venezuela and the international financial crisis), and another is the control group that helps to measure the effectiveness of the treatment.

The treatment is a binary variable, which results from the interaction between two dummies. The first dummy (*time1*) is constructed when the net job flow trend change due to the collapse of trade with Venezuela in 2006 and 2007, and the subsequent negative effects of the international financial crisis on the Colombian economy (Figure 2). Since significant trend changes in markups started in 2008, this dummy is one since that year.

The second interaction dummy is one when the markup is greater than its mean at the establishment level, and zero otherwise (*dMarkup*). Then the treatment variable (treatment) is the product of these two dummy variables. Thus the binary treatment variable (treatment) of the differences-in-differences model, for the markup case, is one for those years where the level of the markup is greater than its mean, and after 2008. That is

$$treatment_{i,t} = time1_{i,t} * dMarkup_{i,t.}$$

The differences-differences model to be estimated, with fixed effects, is written as (Angrist and Pischke, 2009)

$$g_{i,t} = \alpha_0 + \beta_0 * treatment_{i,t} + \sum_{j=1}^{6} \beta_{-j} * treatment_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{6} \beta_{+j} * treatment_{i,t+j} + \gamma \boldsymbol{X} + \mu_i + \eta_t \ . \quad (5)$$

Where $\boldsymbol{X}$ is a matrix of covariates, which are: the logarithm of instrumented real wages, the markups, and the Herfindhal-Hirschman indices. Additionally, the control variables are the same: the logarithm of the capital-output ratio, and the relationships between temporary and unskilled workers with respect to the total employed. The γ is the vector of estimation coefficients. Additionally, μ_i represents plant fixed effects, and η_t is the random effects.

Table 3:
Impact of the falling demand on the net flow of job rates

	Flows-Markup (2008)
Treatment-6	0,011*
	(0,005)
Treatment-5	0,003
	(0,005)
Treatment-4	-0,005
	(0,005)
Treatment-3	- 0,005
	(0,005)
Treatment-2	0,003
	(0,005)
Treatment-1	-0,006
	(0,005)
Binary treatment variable	-0,071***
	(0,006)
Treatment+1	0,039***
	(0,007)
Treatment+2	0,025***
	(0,006)
Treatment+3	0,026***
	(0,007)
Treatment+4	-0,000
	(0,008)
Treatment+5	0,010
	(0,009)
Treatment+6	0,026*
	(0,010)
Real Wages (log)	-1,102***
	(0,333)
Markup	-1,335***
	(0 ,320)
Herfindhal	0 ,636***
	(0 ,175)
Observations	151.925
Period	2001-2020
Test	Parallel – trend passed

Data source: Estimations using DANE, AMS.

In order to test the parallel trend assumption in this differences-in-differences model, the treatment dummy is lagged and led to six periods. Their conforming parameters are βs, with the subscript plus j for the leading, and with the subscript minus j for the lagging. The parallel trend means that if the treatment had not been carried out, without the commercial shock or financial crises, the markup and the net job flow rate trends would have been the same.[3]

Therefore, the null hypothesis to verify the parallel trend assumption is

$$H_0: \beta_{+1} = \beta_{+2} = \beta_{+3} = \beta_{+4} = \beta_{+5} = \beta_{+6} = 0,$$

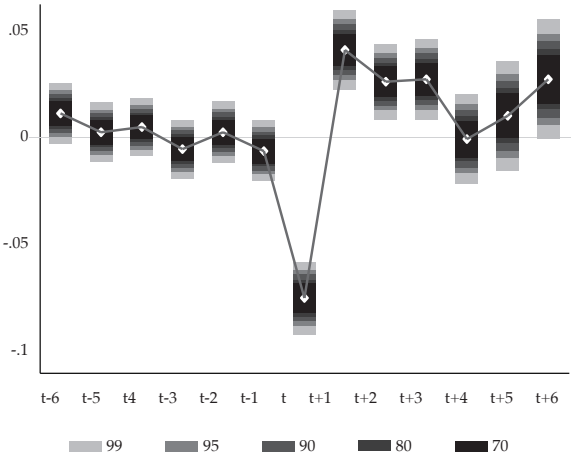
which must not be rejected and therefore accept the parallel trend assumption. As long as it is assumed that there are not "anticipation effects", it means that in the years before the treatment, both the treated and the control group of plants have the same trend, and the difference between them in the years after the treatment is strictly due to treatment.

The estimation of the differences-in-differences model for the markup is reported in Table 3. The dummy variable *treatment* in terms of the markups is negative and statistically significant (at 1%) on the net job flow rates (-0,071). This means that increases in markups, caused by trade breaks and international trade, come along with less creation and destruction of jobs. In this model, the effects of the markup (-1,335) and the logarithms of the real wages (-1,102) are bigger. The concentration index presents a positive sign (0,636), although statistically significant, the positive sign is not as expected (Table 4). The other control variables parameters are not reported in the table, with the purpose of reducing the number of lines.

3 According to Cerulli and Ventura (2019) the leading coefficients measure the treatment impacts in periods prior to their occurrence, while the lagged coefficients measure the impact of the treatment in later periods. In fact, when a lag is introduced in the treatment variable, it shifts forward one period, so that the $treatment_{i,t-1}$ refers to time t. Similarly, the $treatment_{i,t+1}$ shifts backward corresponding to time t.

This assumption of the parallel trend is verified by the leading coefficients since the null hypothesis ($\beta_{+j}s = 0$) is not rejected. In fact, the untreated plants, those with below-average markups after 2008, are assumed to provide the appropriate counterfactual trend for treated plants, i.e., plants with above-average indices. In this sense, the two groups would have had parallel trends.

Figure 5:
The pre and post-treatment pattern for the relation between treatment and the net job flows



Finally, the pattern of the leading coefficients and the treatment coefficient are illustrated in Figure 5. The robustness test of the parallel trend assumption allows verifying the causality in the Granger (1969) spirit. According to Cerulli and Ventura (2019), the differences-in-differences model, conditional on all regressors and with fixed effects, the $treatment_{it}$ causes changes in the net job flow rates (g_{it}) according to the Equation 5.

4. Concluding remarks

A relevant empirical fact of the labor market in the Colombian industrial sector is its loss of dynamism when it is measured with the growth rates of net job flows. This empirical result is a clear sign of the low technological updating of the productive system and an environment of low market competition. Therefore, there are increases in the plant markups and losses in the labor income share in the value produced.

A strong negative relationship was statistically found between the plant markups and the net job flow rates, and this result allows us to understand the internal adjustments of industrial plants in the economic cycle. In this way, the greater the markups, the less the creation than the destruction of jobs in the manufacturing sector. In addition, there is a causal relationship between the markups and the net job flow rates, which should occur through the intermediation of the technologies that are implemented.

On the other hand, a greater or lesser market concentration (HHI) should instead manifest itself in the creative destruction of jobs, but in the Colombian case, this result does not occur. This result is due to the fact that the Colombian industrial sector has not registered significant structural changes in the last two decades.

The negative sign of the capital-output ratio parameter on the net job flow rates implies that the reduction of this ratio, or the increase in the capital factor efficiency, accelerates the dynamics of creative destruction of firms and jobs. The introduction of new technologies would allow certain productive tasks to be automated, which naturally displaces workers. This topic would give rise to starting a specific study on the effects of new investments in technologies in the industrial labor market.

The phenomenon of creativity and the destruction of jobs has close implications for the design of labor policy. The destruction and creation of jobs clearly require the flexibility of this market to facilitate the readjustment of firms to the new dynamics generated by technological changes.

Aggressive public policies should also be offered for the retraining of workers who lose their jobs and also offer qualified workers to the changing produc-

tive system. In fact, the training system with new skills for workers who lose their jobs must be accompanied by government support for education and research. In general, the system must be based on quality education, promote innovation, and the application of new technologies in the productive system. To be effective in these policies, the government must be immune to the political pressure of the rent-seeking agents and possess a competent and honest bureaucracy.

4. References

Aghion, P. (2018). Innovation and growth from a schumpeterian perspective. Revue d'économie politique (5), 693–711.

Aghion, P., C. Antonin, and S. Bunel (2021). The power of creative destruction: economic upheaval and the wealth of nations. Harvard University Press.

Angrist, J. D. and J.-S. Pischke (2009). Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion. Princeton university press.

Autor, D., D. Dorn, L. F. Katz, C. Patterson, and J. Van Reenen (2020). The fall of the labor share and the rise of superstar firms. The Quarterly Journal of Economics 135 (2), 645–709.

Azkarate-Askasua, M. and M. Zerecero (2020). The aggregate effects of labor market concentration. Unpublished Working Paper.

Belzil, C. (2000). Job creation and job destruction, worker reallocation, and wages. Journal of Labor Economics 18 (2), 183–203.

Blanchard, O. J. and P. A. Diamond (1992). The flow approach to labor markets. The American Economic Review 82 (2), 354-359.

Burgess, S., J. Lane, and D. Stevens (2000). Job flows, worker flows, and churning. Journal of labor economics 18 (3), 473–502.

Carranza, J. E., J. A. B. Rojas, C. Casas, A. X. González-Ramirez, S. Moreno-Burbano, F. Arias-Rodríguez, J. S. Vélez-Velásquez, et al. (2018). La industria colombiana en el siglo xxi. Revista ESPE-Ensayos sobre Política Económica, 1–69.

Cerulli, G. and M. Ventura (2019). Estimation of pre- and posttreatment average treatment effects with binary time-varying treatment using stata. The Stata Journal 19, 551–565.

Dao, M. C., M. Das, Z. Koczan, and W. Lian (2017). Understanding the downward trend in labor income shares. World Economic Outlook April 2017: Gaining Momentum, 121–71.

Davis, S. J., R. J. Faberman, and J. Haltiwanger (2006). The flow approach to labor markets: New data sources and micro-macro links. Journal of Economic Perspectives 20 (3), 3–26.

De Loecker, J., J. Eeckhout, and G. Unger (2020). The rise of market power and the macroeconomic implications. The Quarterly Journal of Economics 135 (2), 561–644.

Eslava, M., J. Haltiwanger, and A. Pinzón (2022). Job creation in Colombia versus ´ the USA:'up-or-out dynamics' meet 'the life cycle of plants'. Economica 89 (355), 511–539.

Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. Econometrica 37, 424–438.

Grossman, G. M. and E. Oberfield (2022). The elusive explanation for the declining labor share. Annual Review of Economics 14, 93–124.

Haltiwanger, J. (2015). Job creation, job destruction, and productivity growth: The role of young businesses. Annual Reviews 7 (1), 341–358.

Haltiwanger, J., R. S. Jarmin, and J. Miranda (2013). Who creates jobs? small versus large versus young. Review of Economics and Statistics 95 (2), 347–361.

Hayashi, F. (2011). Econometrics. Princeton University Press.

Hubmer, J. and P. Restrepo (2021). Not a typical firm: The joint dynamics of firms, labor shares, and capital–labor substitution. Technical report, National Bureau of Economic Research.

Ibarra, C. A. and J. Ros (2019). The decline of the labor income shares in México, 1990–2015. World Development 122, 570–584.

Klein, M. W., S. Schuh, and R. K. Triest (2003). Job creation, job destruction, and the real exchange rate. Journal of International Economics 59 (2), 239–265.

Levinsohn, J. and A. Petrin (2003). Estimating production functions using inputs to control for unobservables. The Review of Economic Studies 70 (2), 317–341.

Melo, L. and C. Ballesteros (2014). Impacto de los factores externos sobre la creación y destrucción de empleo en el sector manufacturero colombiano. Lecturas de Economía (81), 155–186.

Mesa, F. (2012). International trade and unemployment in less developed countries. Theoretical Economics Letters 2 (5), 545-556.

Mesa, F. and R. Torres (2019). Pymes manufactureras exportadoras en Colombia: un análisis de su actividad real. Lecturas de economía 45 (90), 127–157.

Mondragón-Vélez, C., X. Peña, D. Wills, and A. Kugler (2010). Labor market rigidities and informality in Colombia [with comment]. Economía 11 (1), 65–101.

Olley, G. S. and A. Pakes (1996). The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry, 64. Econometrica 64, 1263–1297.

Petrin, A., B. P. Poi, and J. Levinsohn (2004). Production function estimation in stata using inputs to control for unobservables. The Stata Journal 4 (2), 113–123.

Pissarides, C. A. (2000). Equilibrium unemployment theory. MIT press.

Sangmin, A. and S. Yongseok (2020). Why is the labor share declining? Federal Reserve Bank of St. Louis Review 102, 413–28.

Appendices

A. The analytical expression for calculating the markup

Although there are different alternatives to measure markups, the expression used in this paper is obtained by minimizing the firm's costs (De Loecker et al., 2020). The analytical expression is obtained as follows.

Consider the following Cobb-Douglas production function (Autor et al., 2020)

$$Y_i = z_i \, L_i^{\alpha_L} \, K_i^{1-\alpha} \quad ; \quad (6)$$

where Y_i is the production, L_i the labor, K_i the capital, and z_i is Hicks-neutral efficiency in firm *i*. Autor et al. (2020) assume that z_i is a random process and represents heterogeneous firms, where the more productive firm presents higher z_i . Factor markets are assumed to be competitive (with wage as ω and cost of capital ϱ) but the product markets could be imperfect.[4]

The Lagrangian objective function associated with the firm's cost minimization is

$$L_i = \omega \, L_i + \rho \, K_i - \lambda\left(Yi - \overline{Y}_i\right). \quad (7)$$

$\bar{Y}$ is a scalar and λ is the Lagrange multiplier. The minimization with respect to L_i is:

$$0 = \omega - \lambda\left(\frac{\partial Y_i}{\partial L_i}\right). \quad (8)$$

Then

$$\frac{\omega}{\lambda} = \frac{\partial Y_i}{\partial L_i}, \quad (9)$$

and if both sides of the equation are multiplied by $\frac{L_i}{Y_i}$, the right-hand side of the equation is the labor-output elasticity (ε).

$$\varepsilon_i = \frac{\omega}{c_i} * \frac{L_i}{Y_i}. \quad (10)$$

Where λ is the marginal cost (c_i). Using P_i in Equation 10, we have

$$\varepsilon_i = \frac{\omega}{c_i \frac{P_i}{P_i}} * \frac{L_i}{Y_i} \; . \quad (11)$$

4 Azkarate-Askasua and Zerecero (2020) analyze the effects of the labor market power of employers and unions on welfare and the set wage rate.

Rearranging the equation, we get

$$\mu_i = \varepsilon_i \frac{P_i Y_i}{\omega_i L_i}. \quad (12)$$

being $\mu_i = \frac{P_i}{ci}$

Equation 12 is used to calculate the markups at the establishment level, and the output-labor elasticities must be estimated.

B. Elasticity production factor estimation

There is the methodology presented by Olley and Pakes (1996) to estimate the output-labor elasticity, correcting simultaneity and selection biases. The review carried out by Levinsohn and Petrin (2003), is the one used here.

These last authors introduce an estimator that uses intermediate inputs (like energy consumption) as proxies for unobservable shocks. They argue that this proxy responds more smoothly and with a lower adjustment cost to productivity shocks than the investment variable used by Olley and Pakes (1996). This approach was programmed in Stata by Petrin et al. (2004).

The Levinsohn and Petrin (2003) production technology, written in logarithms, is:

$$y_t = \beta_0 + \beta_l l_t + \beta_k k_t + \psi_t + \eta_t, \quad (13)$$

where the variables are: y_t the firm production value; l_t the labor inputs; and k_t the capital as a state variable. The error has two components: one is the productivity shock ψ_t, known by firms that maximize their profits and correlate with the intermediate inputs and the capital stock. The other error is the random term η_t that is not correlated with the input choice.

Levinsohn and Petrin (2003) define a expression Φ_t written in terms of the capital stock (k_t), the intermediate inputs (m_t), and the productivity shock. This expression is:

$$\Phi_t(m_t, k_t) = \beta_0 + \beta_k k_t + \beta_m m_t + \psi_t(m_t, k_t).$$

Therefore, the Equation 13 is expressed as

$$y_t = \beta_1 l_t + \Phi_t(m_t, k_t) + \eta_t \quad (14)$$

where the Φ_t function includes the parameter β_0. This is the first stage of the process, where β_1 is estimated by assuming that $\Phi_t(m_t, k_t)$ is a third-order polynomial approximation in terms of k_t and m_t

$$\Phi_t(\, m_t, k_t) = \sum_{i=0}^{3} \sum_{j=0}^{3-j} \delta_{ij} k_t^i \, m_t^j$$

so that is obtained the fitting $\widehat{y_t}$ in Equation 14.

In the second stage of the process, the β_k parameter is estimated. Initially, the Φ_t is fitted as

$$\widehat{\Phi_t} = \widehat{y_t} - \widehat{\beta_l}\, l_t$$

At this stage, the values for ψ_t are predicted for each period, given an initial tentative value of β^*_k. This is

$$\psi_t = \widehat{\Phi_t} - \beta_k^* k_t \,.$$

Finally, optimal β^*_k is obtained by minimizing a quadratic function of the random errors of the Petrin et al. (2004) production function:

$$\min_{\beta_k^*} = (\widehat{y_t} - \hat{\beta}_l\, l_t - \beta_k^* t k_t - \hat{\psi}_t)^2 \quad (15)$$

being $\hat{\psi}_t$ an autoregressive process, defined as

$$\hat{\psi}_t = E[\, \hat{\psi}_t / \hat{\psi}_{t-1}]$$

and where $\widehat{y_t}$, in the equation 15, is replaced from Equation 14.

The labor-output elasticities are reported in Table 2. Their values are between 0,57 and 0,64, higher for capital goods and lower for intermediate goods. These elasticities are used to calculate the markup rates.

Table 4:
Production-Factor Elasticities

	(1) log value-added	(2) log value-added	(3) log value-added
Log inputs	0,277***	0,249***	0,273***
	(0,008)	(0,017)	(0,020)
Log energy	0,061***	0,057***	0,061***
	(0,008)	(0,009)	(0,014)
Log employed	0,627***	0,566***	0,638***
	(0,011)	(0,018)	(0,029)
log real capita	0,254***	0,433***	0,150
	(0,052)	(0,112)	(0,136)
Observations	58.345	53.700	13.808

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Dependent variable: Log Value-added
Columns: (1) Non-dyrables and durables; (2) Intermediate goods; (3) Capital goods.
Data source: Estimations using AMS - DANE.

C. Note on the endogeneity problem between the net job flow rates of and real wages

To explain the existence of endogeneity in labor market theory, in the flow approach, let us define ω_{it} as real wages, in period t for plant i. This "low approach" is based on three building blocks (Blanchard and Diamond 1992, and Pissarides 2000). The first two blocks specify the labor demand in terms of the net flow rates of destruction, d, and creation, c, of jobs. These are:

$$d_{i,t} = d(\omega_{i,t}, \theta_d) + \epsilon_{i,t}; \quad d_\omega \geq 0. \quad (16)$$

$$c_{i,t} = c(\omega_{i,t}, \theta_c) + v_{i,t}; \; c_\omega \leq 0. \quad (17)$$

The θ in equations 16 and 17 reflects many factors, like aggregate demand variables, foreign competition, and changes in technology (productivity). The error term in job destruction is ϵ_{it} and in job creation is $v_{it.}$ The subscripts ω in d and in c are partial derivatives with respect to ω.

The third block specifies the process of job creation and destruction rates explained through a matching function "m", which depends on the existence of vacancies offered by firms (v_t) along with workers looking for work (u_t). This function is given as

$$h_t = m(v_t, u_t); \quad m_v > 0; \; m_u > 0; \quad (18)$$

where h denotes hires and the subscripts u and ν in m refer to the first derivative of the matching function.

Thus, the determination of the real salary (ω_t) and the net job flow rates depend simultaneously on labor market conditions, such as the difficulty for firms to hire or fire workers; and for workers, the probability of finding a job if they are unemployed Belzil (2000). So the wage rate equation (ω) is

$$\omega_{i,t} = \omega(v_t, u_t) + \vartheta_t \; ; \; \omega_v > 0; \; \omega_u < 0. \quad (19)$$

The error term in the above equation is ϑ_t.

The important point is that c and d are correlated to ω through the matching function, and thus the random term in Equation 19 is correlated with the random terms of Equations 16 and 17. So that

$$\vartheta_t = \vartheta(\epsilon_t, v_t); \; E[\omega \, \epsilon] \neq 0, and \; E[\omega \, v] \neq 0$$

The expected values of the wages multiplied by the error terms in equations 16 and 17 are different from zero since the two variables are correlated, and the OLS assumptions do not hold. Therefore, the sensitivity of net job flows and real wages are related to the conditions of the business cycle (Belzil, 2000 and Hayashi, 2011), and the econometric exercise implies an endogeneity problem.

Access to Formal Financial Markets and Microbusiness Formalization in Colombia

Por:
Manuela Acevedo[a]
Andrés Angel[b]
Camilo Acosta[c]

Keywords: *Informality, Gradual formalization, Microbusinesses, Savings, Credit.*
Palabras clave: *Informalidad, Formalización gradual, Micronegocios, Ahorro, Crédito.*

JEL: *E26, G21, J46, O16, O17.*

Access to Formal Financial Markets and Microbusiness Formalization in Colombia.

Acceso a los Mercados Financieros Formales y Formalización Microempresarial en Colombia.

Primera versión recibida el 6 de octubre de 2023; versión final aceptada el 7 de noviembre de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 51-79. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Abstract

We study the relationship between microbusinesses' access to formal credit and their transit toward formalization in Colombia. We use the country's Microbusiness Survey—a database including both formal and informal microbusinesses—together with two definitions of formality: a binary and a multidimensional definition that exploits the array of rules faced by businesses. We document that those microbusinesses that request formal credit have a 12.5% higher probability of not being completely informal. Using the ownership of collateralizable assets as instruments, we confirm that the relationship between both variables is more than just a simple correlation: formal credit can help a microbusiness escape total informality. This positive effect of formal credit is larger for the first stages in the firms' path toward formalization. On the contrary, informal credit can end up reinforcing firm informality.

Resumen

Este paper estudia la relación entre el acceso de las microempresas al crédito formal y su tránsito hacia la formalización en Colombia. Utilizamos la Encuesta de Micronegocios-una novedosa base de datos que incluye tanto microempresas formales como informales- junto con dos definiciones de formalidad: una binaria y otra multidimensional que explota el conjunto de regulaciones a las que se enfrentan las empresas. Documentamos que las microempresas que solicitan crédito formal tienen una probabilidad un 12,5% mayor de no ser completamente informales. Utilizando como instrumentos la propiedad de activos colateralizables, confirmamos que la relación entre ambas variables va mucho más allá de una simple correlación: el crédito formal puede ayudar a una microempresa a escapar de la informalidad total. Este efecto positivo del crédito formal es mayor en las primeras etapas

a EAFIT University, Medellin, Colombia. Email: macevedom@eafit.edu.co
b EAFIT University, Medellin, Colombia. Email: aangelc@eafit.edu.co
c Corresponding author. EAFIT University, Medellin, Colombia. Email: camiloac@iadb.org
* We thank Pilar Alvarez, José Vicente Cadavid, Cristina Fernández, Astrid Marinoni, Mauricio Ramirez, and the anonymous referee for the valuable comments. All remaining errors are our own.

del camino de las empresas hacia la formalización. Por el contrario, el crédito informal puede acabar reforzando la informalidad de la empresa.

1. Introduction

Microbusinesses, defined as those economic units that have between 1 and 10 workers, are one of the main components of the business fabric of any developing country. In Colombia, of all registered companies, only 1.7% are medium or large, while 93% correspond to microbusinesses (Confecámaras, 2018); this share would be larger if all unregistered businesses were counted. According to recent results from a report written by Torres & Acosta (2021), 63% of all microbusinesses in Colombia have not met any requirements to be considered a formal unit (i.e., completely informal), and only 6.6% can be regarded as totally formal.[1] Additionally, most of these economic units are managed by self-employed workers (61%), while 40% were created for subsistence reasons.

Similarly, the current situation for microbusinesses in the country regarding access to the formal financial system is precarious. Although accessing these services is vital for their sustainability and growth, according to the 2019 Microbusiness Survey, only 1 in 4 microbusinesses in Colombia invest, while 1 in 5 saves. Additionally, there is a great dependence on personal savings as these firms' primary source of financing, as well as low rates of formal credit application.[2] These microbusinesses could greatly benefit from accessing credit, allowing them to accumulate capital and invest in newer technology.[3]

To understand the possible implications of these phenomena, this work aims to examine microbusinesses' access to the formal financial system in Colombia and its relationship with firm formalization. This paper aims to establish the relevance of credit access in the gradual and multidimensional business formalization processes, recognizing the great heterogeneity of microbusinesses in the country. Therefore, we are interested in knowing what the role of credit access is in breaking the vicious circle of informality, which is characterized by the reinforcing relationship between low productivity, low access to input markets, and low rates of labor and firm formalization (Fernández, 2020).

The lack of formalization of businesses in developing nations can be analyzed as the result of three sets of determinants. Firstly, low productivity levels are associated with microbusinesses' limited capacity. Secondly, complex and costly formalization processes, given that costs increase as formalization progresses, while its benefits are diffuse. Finally, the weak institutional capacity of developing countries, manifested in underdeveloped institutions, lack of transparency, and inefficiencies, affect compliance with the law (Torres & Acosta, 2021, p. 24).

The low productivity levels of microbusinesses can be partially explained by their inability to access high-quality labor or capital inputs, as the owners are usually excluded from the formal financial system and end up making suboptimal investments for their firms. This lack of access limits the adoption of better technologies and business practices, reducing the productivity of microbusinesses and reinforcing informality.

In this framework, the underlying hypothesis of this paper is that there is a positive relationship between access to formal financial systems and the formalization of microbusinesses in Colombia. To evaluate this hypothesis, this paper addresses this question from descriptive analysis and in a reduced form.

Given their nature (small and informal), a large share of microbusinesses in developing countries tend to be informal and are not covered in standard

1 Torres & Acosta (2021, 2022) were written as a consulting report on labor and business formalization from Universidad EAFIT to Camara de Comercio de Medellin para Antioquia, Comfama, Corporacion Interactuar, Fondo de Garantías de Antioquia and Proantioquia. The documents are available on request.

2 73% of microbusinesses reported not having applied for a formal credit destined to their business's activity, either because they considered they did not need it (45%), due to fear or aversion to debts (30%), or because of financial barriers (24%).

3 Although some research has shown that the benefits of microcredit are not that clear. See Woodruff (2018) for a review.

firm-level surveys. Therefore, to study this relationship, we use the Colombian Microbusiness Survey. The main objective of this survey is to gather information that allows the study of microbusinesses (firms with up to nine employees) in Colombia. These data include information on microbusinesses regardless of their formalization state, including totally informal businesses, which is quite rare in the literature. Moreover, the data allow us to study formalization as a multidimensional process characterized by the different requirements and regulations that firms must comply with before being considered formal. Descriptive statistics show that microbusinesses in earlier stages of the formalization process have lower access to formal credits and tend to rely more on informal sources of financing.

The results of our baseline econometric model show that microbusinesses that apply for formal credit have a 12.5% higher probability of not being completely informal. However, to get closer to a causal relationship between access to formal credit and firm formalization, we use two-stage linear and ordered probit regression models, using the ownership of assets as instrumental variables. The ownership of assets can facilitate access to the formal financial system as they can smooth information asymmetries in credit markets since borrowers can use these assets as collateral (Galiani & Schargrodsky, 2011). Our identifying assumption is that the ownership of collateralizable assets directly impacts the financial inclusion of microbusinesses through the promotion of formal credit while disincentivizing the use of informal credits. Only through this relationship own assets end up having a role in a microbusiness's formalization process.

After estimating the model using our instrumental variables, we find that having access to credit with the formal financial system can increase by 78% the probability that a microbusiness leaves a state of total informality. On the other hand, having access to informal credit leads to a 142% higher probability that the microbusiness will remain in a state of informality relative to microenterprises that do not apply for any credit. The large differences between the baseline and the instrumental variables specifications can be explained by the negative effects of formalization on access to credit found in recent literature (e.g., McKenzie & Sakho, 2010; Benhassine et al., 2018). Even though we present descriptive evidence suggesting that the identifying assumptions might hold in our case, we consider our estimate to be a conservative upper bound of the true causal relationship between credit access and formalization.

Furthermore, our results from the instrumented ordered probit model suggest that the positive effect of credit access occurs throughout all stages of the formalization process, especially in the first stages (obtaining the tax identification number—RUT—and the business registry) but also on the more advanced steps, such as labor and tax formalization. These results indicate the positive effects of credit on the productivity of microbusinesses in Colombia.

This paper makes two contributions to the literature. First, it contributes to a large body of research studying labor and firm informality in developing countries and its determinants, especially access to credit. Some important references in this area of study are Perry et al., (2007), Dabla-Norris & Koeda (2008), Aga & Reilly (2011), Busso et al., (2012), Caro et al., (2012), Zuleta (2016), Fernandez (2020), Ulyssea (2020), among others. We conduct a more detailed literature review in the next section. We contribute to this literature by analyzing the impact of credit access on firm formalization, considering it as a multi-stage process transited by (some) businesses. In this process, a firm in a stage of total informality must fulfill different registration, labor, and tax requirements to be considered a formal entity. This multi-stage or staggered process has yet to be considered in the literature but is based on the actual behavior of microbusinesses and has been recognized by policymakers in Colombia.[4]

4 Colombia's National Planning Department (DNP) published in 2019 CONPES document 3956 in which they discuss the Government's plans for its business formalization policy, declaring it as a multidi-

Second, to the best of our knowledge, we are among the first papers written using Colombia's Microbusiness Survey, which is a relatively new statistical product developed by the National Statistics Department (DANE) in 2019 (and publicly released in late 2020) to study the dynamics of formal and informal firms in the country. A few notable exceptions are Castro et al. (2020), who find that formalization and the use of the Internet are important determinants in the demand for credit by microbusinesses, and Urueña-Mejía et al. (2023), who study financial inclusion and business practices of microbusinesses in Colombia. Although this is a relatively new data source, it has a series of variables and a representative number of observations that allow us to delve deeper into the study of microbusinesses in Colombia. Moreover, this survey allows us to study firm formalization separately from labor formalization—a distinction not common in the study of formalization in Colombia—while also analyzing other aspects of firm informality, such as tax and registry informality.[5]

The remainder of this paper consists of other sections. Section 2 corresponds to the theoretical framework and literature review. In section 3, we describe our data sources, while in section 4, we present the empirical strategy. Section 5 presents the main results of the article, while the last one concludes and discusses different policy recommendations.

2. Theoretical Framework and Literature Review

Business informality has been a common subject of study for academics and policymakers. Although it is difficult to reach a consensus when defining informality, there are two main approaches in the academic debate. On the one hand, according to the structuralist approach, informality arises from an excess labor force that the formal sector cannot absorb. In this case, informality is a consequence of a country's level of the development process. On the other hand, the institutionalist approach, according to which informality is a voluntary decision by individuals, encouraged by a cost-benefit analysis of the formalization process (Perry et al., 2007).

Regardless of the approach, Fernández (2017) describes the two-way relationship between informality and productivity: companies with a higher level of informality have greater difficulty accessing input markets. This low market access leads to lower productivity levels, hindering their transition to formalization. This result calls for business strengthening programs to increase productivity, promote formalization, and break this vicious circle.

Within microbusinesses in developing countries, informality is a widespread phenomenon and is related to several factors, such as the little or no education of the founder, who in many cases is self-employed; poor organization of the firm's legal and accounting records; high mortality rates (of the microbusiness); and low average productivity. One of the factors that have the greatest impact on informality and low productivity is the lack of access to formal credit systems. This inadequate access limits the growth of enterprises because it reduces their capacity to increase their productive capital, face situations of uncertainty, or adopt new technologies (Dabla-Norris & Inchauste, 2008).

When applying for a bank loan, small entrepreneurs can face a series of barriers and requirements

mensional process instead of the standard binary one (informal vs. formal). This document is available in Spanish at: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%c3%b3micos/3956.pdf

5 There is a large amount of literature studying the formalization of microenterprises. See Bruhn and McKenzie (2014) for a review.

needed for approval. Among the most important requirements is the collateral, which guarantees that the debt will be repaid if the agent does not have sufficient funds to meet his or her credit obligations. Although access to the financial system is increasing with the degree of business formalization, the latter is not a sufficient condition for accessing formal credit markets. In particular, the lack of collateralization, which is a prevalent characteristic among microbusinesses, can become a major barrier to financial inclusion, even under complete formality.

One of the seminal articles studying the access of small firms to financial services is Stiglitz & Weiss (1981). In this article, the authors study the role of information asymmetries as the main market failure between credit providers and firms, limiting the access of the former. These authors explain that adverse selection and moral hazard problems can discourage the lender from granting financing and lead to equilibrium credit rationing. Since risk levels of potential borrowers are not observable by the lender, lenders cannot charge them a customized interest rate and are forced to charge some average rate. These asymmetries cause low-risk loan applicants to leave the market, reducing the average quality of the pool of applicants that lenders face. Therefore, if lenders use firm size as a signal of the business's potential risk, they end up offering a higher interest rate to smaller firms, making it more difficult for them to access formal financial systems. Consequently, these information failures can lead to higher firm informality.

Nevertheless, empirical evidence on the existence and importance of these information frictions in credit markets tends to be scarce (Chiappori & Salanie, 2000). When information asymmetries exist, it is challenging to distinguish users' information due to selection in the data. For example, a positive correlation between loan default and a randomly assigned interest rate, conditional on observable risk, could be due to ex-ante adverse selection (those with relatively high probabilities of default will be more likely to accept a high rate) and ex-post moral hazard (those charged higher interest rates may have more incentives to cease payments) (Karlan & Zinman, 2009).

Regarding informality, Catao & Rosales (2009) find that formalization rates increase with financial deepening, especially in sectors where firms depend more on external financing. For example, an increase in aggregate credit to firms (as a share of a sector's GDP) of 10 percentage points would increase formalization rates by about 6.5 percentage points in a more financially dependent sector (such as transportation), relative to a less financially dependent sector (such as paper production). Other works studying the financial inclusion of SMEs have made an important differentiation between involuntary and voluntary exclusion in access to credit, where the latter corresponds to the segment of companies that state they do not require credit (Zuleta, 2016).

In this same line, Caro et al., (2012) find a significant (albeit small) negative relationship between access to credit and labor informality. Two channels may explain this result. First, access to credit may allow firms to grow faster and improve their productivity. Second, credit can have a direct effect on the hiring of a more formal labor force. Specifically, a 10% increase in credit to sectoral output ratio increases labor formality between 0.76 and 1.11 percentage points. Nonetheless, this effect disappears for firms facing greater financial constraints. Furthermore, studying the determinants of access to credit for micro and small enterprises, Aga & Reilly (2011) find that informal firms are more credit constrained than formal firms. In addition, firm location, membership in a business association, and maintenance of an accounting register are among the main determinants of access to credit. These authors also conclude that offering collateral, even if partial, can improve access to credit and business formalization.

From the workers' side, Fernández (2017) studies the relationship between household decisions on labor and credit formality. The author finds that an informal worker has a 10 percentage points lower probability of having formal credit relative to a formal worker.

Decisions around labor and credit formality may be governed and linked by different mechanisms, among them household preferences for formality or the aversion to reporting income to avoid tax authorities. Similarly, Dabla-Norris & Koeda (2008) find that informality is significantly associated with lower access to bank credit. Specifically, the authors find that higher tax compliance costs reduce firms' reliance on bank credit, while a higher quality of the legal environment is associated with greater access to credit, even for financially constrained firms. Malkova et al., (2021) argue that the probability of workers switching to formal jobs is higher for borrowers than for non-borrowers, and both rates increase when there is a relaxation in credit constraints.

As the literature has shown, access to the financial system becomes a key tool for solving challenges that arise in the growth and formalization of firms, especially in developing countries. Zuleta (2016) shows that access to credit is correlated with higher growth in sales, higher production margins, and investment in machinery and equipment. Financial constraints decrease the value of the investments made by firms, with the effect being lower if the firm operates in a sector with lower informality (Gandelman & Rasteletti, 2013). Likewise, because of limitations in access to the formal financial system, microbusinesses are forced to turn to informal and illegal sources of financing such as informal credits (known in Colombia as "drop-by-drop lenders" or *préstamos gota a gota*), which usually have high financial and social costs that end up harming microbusinesses (ANIF, 2018).

There is also a large literature studying the effect of formality on access to the formal financial system, which tends to find no causal effect. In Sri Lanka, de Mel et al., (2013) find that firms that formalize are not more likely to obtain a business bank account or business loan. McKenzie & Sakho (2010) and Benhassine et al., (2018) find a null impact of formality on the likelihood of having a bank loan in Bolivia and Benin, respectively. Moreover, there is some evidence that increased access to finance does not result from formalization alone. Campos et al. (2023) find that the use of finance only increased when firm formalization was accompanied by a bank information session. Finally, in a review of the effects of microcredit, Woodruff (2018) argues that the benefits of these are not clear.

In the remainder of this paper, we analyze the relationship between access to the formal financial system and the gradual formalization process while studying the consequences of informal credit sources.

3. Data and Descriptive Evidence

To study the relationship between access to formal credit markets and firm formalization, we use data from the Microbusiness Survey (EMICRON, for its name in Spanish: *Encuesta de Micronegocios*) of the National Administrative Department of Statistics (DANE) for 2019.[6] The main objective of EMICRON is to obtain information that allows the study of the structure and evolution of microbusinesses with up to nine employed persons. The statistics and indicators resulting from this survey provide insight into the operation of these small economic units: their economic activity, reasons for creation, location, characteristics of their personnel (if any), use of ICTs, financial inclusion, costs, expenses and assets, sales or income, and capital stock. This survey covers the 24 main metropolitan areas and 455 municipalities, following the DANE's Household Survey or GEIH (Gran Encuesta Integrada de Hogares). The GEIH is Colombia's main household survey and is conducted monthly to gather information on the employment conditions and general characteristics of the population.

Given their nature, a large share of microbusinesses in developing countries tend to be informal and are not covered in a standard firm-level survey. Therefore,

6 At the time of this study, the microdata for the year 2021 were not yet available. While 2020 were available, this year did not include the module on financial inclusion, where the information on credit application and approvals is available.

DANE follows a two-stage modular mixed survey to build a representative sample of microbusinesses in Colombia. Starting with the GEIH, each month, DANE identifies self-employed workers and employers of microbusinesses. In the second stage, usually the following month, DANE visits these groups once more and applies a questionnaire that focuses on the economic characteristics and structure of these microbusinesses: EMICRON (Dirección de Metodología y Producción Estadística -DIMPE, 2019).

Of the total sample, we focus on microbusinesses located in the 24 largest metropolitan areas. This survey is representative at the national level and for these areas. Our sample includes 75,277 microbusinesses, equivalent to 4,147,080 million units using weights. Of this total, 1.9 million identified themselves as "subsistence" microbusinesses (47.9%), 1.8 million as "opportunity" microbusinesses (43.7%), and 347 thousand as "tradition/other" (8.4%).[7]

One of the main challenges when studying business formalization is its definition. On the one hand, the informality of a firm is often defined based on the affiliation of its owners and workers to the country's social security systems (International Labor Organization, 2021). On the other hand, organizations such as DANE tend to define informality based on firm size, with informal being those businesses with five workers or fewer. According to Colombia's National Planning Department, a firm is formal when it complies with all the rules that apply to it in a mandatory manner (DNP, 2019). Given all the rules and regulations that apply to companies during their consolidation process, it is key to understand formality as a process, not a binary state. According to DNP (2019), this process mainly includes four stages: (i) entry formality, which includes business registration requirements; (ii) input formality, which integrates workers' social security and land use permits; (iii) production formality, which encompasses all the rules and regulations specific to the sector in which the firm operates; and (iv) tax formality, which relates to tax declaration and payment.

Following the above definition, Torres & Acosta (2021) construct a gradual ladder of formalization based on the information available in EMICRON and on results from different focus groups conducted with owners of microbusinesses and self-employed workers in the city of Medellín in 2021. Table 1 characterizes the different stages of this multidimensional process of formalization. This process starts from a null level of formalization in which microbusinesses do not have a Tax ID (RUT), business registry, do not make any payments to social security, and do not pay any taxes; and ends at a fifth step with microbusinesses that comply with all these requirements. The "Others" category includes those microbusinesses that may have other combinations of formalization not considered in the proposed ladder.[8]

Of all the procedures reported within EMICRON, the RUT is the most common one, with around 1.3 million microbusinesses (31.1%). The fact that RUT is the most common procedure among businesses is not surprising, given that it is free of charge and that there are numerous public programs aimed at reducing the costs (pecuniary and non-pecuniary) of obtaining it. In addition, the RUT allows a business to obtain its business registry and accredit and identify its economic activity before third parties with whom it has an economic relationship, thus gaining access to an important group of suppliers and clients.[9]

7 Subsistence microbusinesses were identified as those belonging to owners who expressed as the main reason for creating their business not having another income alternative, wanting to complement or improve the family income, or not having the experience, schooling, or training required for a job. Opportunity microbusinesses were identified as those belonging to owners who identified a business opportunity, or to practice their trade, career, or profession.

8 For example, some microbusinesses have RUT, a business registry, and pay some taxes but do not contribute to the Social Security of their workers. These microbusinesses correspond to 1.46% of the total.

9 Unlike in other countries—for example, in Brazil, as documented by De Andrade et al. (2016)—a municipal registry is not usually a requirement for micro-businesses in different sectors to be considered formal.

Table 1.
Microbusinesses by formalization stage in 2019

Formalization stage	Number of microbusinesses	Percentage
i. None	2,596,086	62.7%
ii. RUT only	436,751	10.5%
iii. RUT and business registry	289,932	7.0%
iv. RUT, business registry, and some social security	179,885	4.3%
v. RUT, business registry, some social security, and any tax	95,351	2.3%
Other	547,075	13.2%
Total	4,147,080	100.00

Note: this table shows the number and percentage of microbusinesses by formalization stage in Colombia in 2019. In stages iv. and v. "some social security" alludes to microbusinesses that made any contribution to pensions or healthcare, be it for the owner or one of their employees. "Any tax" refers to the payment of at least one of the following taxes: income tax, VAT tax, or corporate tax. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

As Table 1 shows, 62.7% of all microbusinesses do not have any level of formalization, 10.5% have only RUT, 7.0% have only RUT and business registry, 4.3% have these two registries and make some contribution to social security (health or pension payments either of the employer or of one of the workers), and only 2.3% meet the above requirements and declare some tax. In other words, only 1 in 44 microbusinesses in Colombia can be considered entirely formal under the proposed approach. Moreover, there is an important relationship between a firm's level of formalization and its creation motive: the share of subsistence microbusinesses decreases with the level of formalization, while the share of opportunity microbusinesses increases with it.

Overall, Table A.1 in the Appendix describes the variables included in the analyses in this and subsequent sections, along with some descriptive statistics. In the first two rows, we show the main two definitions of formalization. First, a binary definition of informality according to which all microbusinesses without any formalization requirement are considered informal (equivalent to those in the first row of Table 1). Second, we consider the five formalization stages. Given that the dimensions of formality considered in the different stages are mutually exclusive and that some microbusinesses are outside the standard stages of this process, the initial sample of 4,147,080 microbusinesses decreases to 3,600,005 when we use this definition.

To start analyzing the relationship between formalization and financial inclusion, Table 2 shows the relation between these two variables. This table shows that microbusinesses at a lower stage of the formalization process have lower access to bank loans for the creation or constitution of their business (5.7% for the first stage) compared with the higher stages (20.4% in the last). Moreover, note the high importance of savings for microbusinesses regardless of their formalization stage. Lastly, note how 1 out of 5 informal microbusinesses—and 1 out of 6 that have RUT only—report that they did not require resources to create their business. This may be closely related to the subsistence nature of these economic units.

Table 2.
Income sources by formalization stage in 2019

Formalization stage	Which was the primary source of income used to create this business?		
	Bank Loans	Savings	Was not needed
i. None	5.7%	75.2%	19.1%
ii. RUT only	9.6%	73.6%	16.8%
iii. RUT and business registry	22.7%	72.0%	5.3%
iv. RUT, business registry, and some social security	18.3%	74.9%	6.9%
v. RUT, business registry, some social security, and any tax	20.4%	74.9%	4.8%

Note: This table shows the percentage of microbusinesses by formalization stage according to their answer to the question. Aside from the three main categories on the table, EMICRON considered other sources of income such as family loans, lenders, seed funding, does not know, and others. Family loans were included in "Savings", "does not know," and others in "Was not needed"; the other categories did not make up more than 3% of the total, therefore, they were not included. In stages iv. and v. "some social security" alludes to microbusinesses that made any contribution to pensions or healthcare, be it for the owner or one of their employees. "Any tax" refers to the payment of at least one of the following taxes: income tax, VAT tax, or corporate tax. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Regarding loan applications for the management of the business, Table 3 shows the positive and monotonic relationship between the share of businesses that applied for a credit and/or a loan and the formalization stage, starting with 16.2% of loans made by microbusinesses with no level of formalization, up to 33.1% for microbusinesses with the highest level of formalization. Given the nature of most microbusinesses, their finances tend to be highly connected with their owners' finances. For instance, it may be that microbusinesses' owners recur to personal credits (incl. credit cards) to deal with liquidity problems of their business. If this is the case, and the survey does not consider this link (it is not clear whether the Emicron does), the demand for credit would appear to be lower than the real one.

Of the microbusinesses that requested a loan, access to the formal financial system increases as formalization increases. Specifically, microbusinesses with a higher level of formalization tend to request loans from financial institutions (98%) and avoid informal lenders (0.9%), while the latter plays a prominent role in microbusinesses with no level of formalization (28.4%), who also request relatively few loans from financial institutions (62.5%).

We would like to note two extra results are not shown here. First, EMICRON data shows that 9 out of 10 microbusinesses who applied for a loan obtained it, evidencing their high acceptance. Second, this percentage does not vary substantially through the formalization ladder, not even for the totally informal microbusinesses, where 88% of the ones who applied for credit with a formal financial institution obtained it. This high share makes sense as our 'Financial Institutions' category includes not only large commercial banks but also small banks that cater to microbusinesses (e.g., *MiBanco, Banca de las Oportunidades*), some NGOs, and credit unions that give microcredits and loans to small informal businesses (e.g., *Corporación Interactuar*).[10]

10 These high acceptance rates might be overestimated in the data. Occasionally, when microentrepreneurs request a credit from a financial institution or intermediary, their credit profile is checked before applying. If their credit score is too low, they might not even apply for the credit. Therefore, the acceptance rate would be lower if these cases were considered. Unfortunately, there is no information from the demand side (surveys) or from the supply side (financial institutions) that would allow a better measurement.

Table 3.
Loan applications and sources by formalization stage in 2019

Formalization stage	Did you ask for credit or a loan for your business in the past year?		To whom did you ask for the loan?		
	No	Yes	Financial Institutions	Informal Lenders	Other
i. None	83.8%	16.2%	62.5%	28.4%	9.1%
ii. RUT only	80.6%	19.5%	81.4%	12.5%	6.1%
iii. RUT and business registry	69.4%	30.6%	88.1%	5.8%	6.1%
iv. RUT, business registry, and some social security	68.1%	32.0%	91.6%	0.9%	7.5%
v. RUT, business registry, some social security, and any tax	67.0%	33.1%	98.0%	0.9%	1.2%

Note: This table shows the percentage of microbusinesses by formalization stage according to their answer to the questions posed. The answers to the "Whom did you ask for the loan?" question are conditioned to a "Yes" answer to the previous question. Regarding the sources of the loans, "Financial Institutions" comprise regulated financial institutions (banks, cooperatives, financing companies, etc.) or Microcredit Lenders (NGOs); the "Other" category comprises vendor loans, pawnshops, family, friends, or others. In stages iv. and v. "some social security" alludes to microbusinesses that made any contribution to pensions or healthcare, be it for the owner or one of their employees. "Any tax" refers to the payment of at least one of the following taxes: income tax, VAT tax, or corporate tax. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Table 4.
Reasons for not asking for a loan by formalization stage in 2019.

Formalization stage	Why have you not asked for a loan?		
	Does not need one	Cautiousness/ Does not like being indebted	Financial barriers
i. None	42.6%	31.8%	25.6%
ii. RUT only	45.8%	28.3%	25.9%
iii. RUT and business registry	44.9%	32.2%	22.9%
iv. RUT, business registry, and some social security	54.7%	25.9%	19.4%
v. RUT, business registry, some social security, and any tax	55.2%	23.8%	21.0%

Note: This table shows the percentage of microbusinesses by formalization stage according to their response to the question posed. The answers "Does not need one" includes those who do not need one as well as others; "Financial barriers" include those microbusinesses that do not fulfill the requirements (guarantees, codebtors, and sureties), those who have a negative credit score appraisal and those who consider that the interest rate and commission payments are too high. In stages iv. and v. "some social security" alludes to microbusinesses that made any contribution to pensions or healthcare, be it for the owner or one of their employees. "Any tax" refers to the payment of at least one of the following taxes: income tax, VAT tax, or corporate tax. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

EMICRON also asks those microbusinesses that did not request loans or credits for their reasons for not doing so and categorizes these answers into three: (i) they do not need it, (ii) they are afraid or do not like to borrow, or (iii) they have financial restrictions or face other barriers (e.g., lack of collateral, high rates, among others). Table 4 presents the distribution of these three categories along the formalization ladder. Among all the microbusinesses that reported not having applied for any credit or loan, not needing one was the main reason for not doing so, regardless of the level of formalization; followed by fear/aversion to debts and, finally, the existing financial barriers. It is worth highlighting the relatively low percentages of these last two categories for firms in the final stages.

Along the same lines, we show in Table 5 the low savings rates of microbusinesses in Colombia: less than half of these economic units save, regardless of the degree of formalization. These seemingly low saving rates can be partially explained by the fact that many people do not consider simplified or digital savings accounts (such as Daviplata or Nequi) alternatives in the formal financial system.

However, savings rates increase with formalization: there is a difference of 18 percentage points between the savings of microbusinesses in the lowest level of formalization (24%) and those in the highest stage (42%). Additionally, of microbusinesses with savings, informal ones tend to save at home (84.7%), and only 1 in 10 do so in financial institutions (9.3%). In contrast, between 59% and 68% of the microbusinesses in stages 4 and 5 of formalization save in formal financial institutions, and between 25% and 34% do so at home. When asking the microbusinesses that did not save their main reason for not doing so, almost all of them answered that their income was insufficient.

Table 5.
Savings percentage and its destination by formalization stage in 2019

Formalization stage	Did you save money for your business in the past year?		Where did you put your savings?		
	No	Yes	Financial institutions	Home	Others
i. None	76.0%	24.0%	9.3%	84.7%	6.0%
ii. RUT only	71.1%	28.9%	24.5%	68.5%	7.1%
iii. RUT and business registry	71.3%	28.7%	30.0%	61.9%	8.1%
iv. RUT, business registry, and some social security	60.9%	39.1%	68.0%	25.3%	6.7%
v. RUT, business registry, some social security, and any tax	58.1%	41.9%	58.8%	33.5%	7.7%

Note: This table shows the percentage of microbusinesses by formalization stage according to their answer to the questions posed. The answers to the "Where did you put your savings?" question were conditional to a "Yes" answer to the previous question. The "Others" category includes those microbusinesses that save through a rotating savings and credit association, through family or friends, or through the purchase of assets (jewelry, real estate, furniture, etc.). In stages iv. and v. "some social security" alludes to microbusinesses that made any contribution to pensions or healthcare, be it for the owner or one of their employees. "Any tax" refers to the payment of at least one of the following taxes: income tax, VAT tax, or corporate tax. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

As evidenced by the literature, most microentrepreneurs in developing countries have a precarious savings culture, and those few who save allocate it to other objectives unrelated to the development of the economic activity of their firm (Banca de las Oportunidades, 2021). Therefore, the low savings rates of microbusinesses and their high aversion to the financial system (tacit or explicit) are worrisome as greater savings can translate into greater efficiency in the use of resources and higher investment, contributing to the growth and sustainability of the businesses.

Finally, it is relevant to mention that, concerning the records used to keep accounts, the percentage of microbusinesses that do not keep records decreases with the formalization stage. In particular, 77.8% of the completely informal firms do not keep any accounting, while for those business that declare some tax, the share is 2.9%. Simple record systems (i.e., a notebook, Excel, or cash register) are the most used in the middle stages of formalization. In contrast, the use of advanced records (i.e., balance sheets, P&Ls, or financial/labor/tax reports) is notably lower in the first steps, but its use increases with the level of formalization. We present this relation in Table A.2. Finally, regarding microbusinesses that receive cash as the only form of payment, the percentages vary from 94% for microbusinesses without any level of formalization to 42% for the most formalized microbusinesses. The latter accept different forms of payment, such as checks, transfers, credit cards, and debit cards, among others.

4. Empirical Strategy

From the previous descriptive statistics, it is evident that there is a positive relationship between microbusinesses' access to the formal financial system and their transition toward formalization. Following this same line, this section will present the empirical strategy to find the causal relationship between these two variables.

First, we estimate a linear regression model using Ordinary Least Squares (OLS) and a Probit model, where the dependent variable takes the value of 0 if the microbusiness is in the lowest stage of the formalization process (i.e., it is completely informal), and 1 if it has met any of the formalization requirements. In particular, we estimate the following equation:

$$formalization_i = \alpha_1 FormalCredit_i + \alpha_2 InformalCredit_i + \beta_i' X_i + \delta_s + \lambda_d + \mu_i \quad (1)$$

where $formalization_i$ represents the dependent variable previously described; $FormalCredit_i$ and $InformalCredit_i$ are dummy variables that equal 1 if the microbusiness obtained credit from a formal or an informal financial institution, respectively.

Based on the theoretical framework, we also include a vector of observable characteristics of microbusinesses (X_i) that influence both formalization and financial inclusion and whose omission would bias our results. These variables are the owner's savings behavior and gender, number of employees, firm age, indicators for Colombia's three largest cities (Bogota, Medellin, and Cali), and the maintenance of an accounting record. Furthermore, δ_s and λ_d represent sector (s) and department (d) fixed effects, which capture characteristics of the different sectors or departments that do not vary over time but that may affect the relationship of interest—for example, consistently higher rates of firm and credit informality in some regions of the country. Table A.1 presents descriptive statistics for the main variables. Finally, μ_i represents the error term, which indicates the variation in the dependent variable not explained by the model and for which we include robust standard errors.

Second, considering formalization as a gradual process, we estimate the same relationship using the following ordered Probit model, exploiting the natural order given by the 5 formalization stages presented in the previous section:

$$formalization.stage_i = F(\alpha_1 FormalCredit_i + \\ + \alpha_2 InformalCredit_i + \beta_i' X_i + \mu_i) \quad (2)$$

If the unobservable factors affecting formalization and financial inclusion are not correlated, then the probability of financial inclusion would be exogenous, and the estimated parameters would be causal. However, as the literature has documented, the vicious circle of informality suggests the existence of double causality between these two variables: while it is true that greater access to the formal financial system could explain higher levels of formalization, a higher level of formalization could lead to more credit applications (Locke & Wellagale, 2017; Fernandez, 2021); upward biasing our results. Moreover, as other research has shown (e.g., McKenzie & Sakho, 2010; Benhassine et al., 2018)), there seems to be a null effect of formalization on access to credit. This null effect would downward bias our results.

Therefore, it is essential to look for an exogenous source of variation that allows us to address this endogeneity concern and allow a causal interpretation of our results. In our case, we follow an instrumental variable approach estimating equations (1) and (2) using a two-stage least squares (2SLS) and an instrumented ordered Probit model, respectively. For the exclusion restriction to be met, the instrumental variables must be related to the endogenous variables (formal and informal credit) and not directly to the dependent variable (formalization).

For this reason, in the first stage, we instrument access to formal and informal credit with two variables related to the ownership of assets or collateralizable assets by a microbusiness owner. As mentioned by Galiani & Schargrodsky (2011), in the presence of effective property rights, asset holding can smooth information asymmetries in credit markets since borrowers can use these assets as collateral. On the other hand, asset ownership may not be a relevant instrument given the subsistence nature of most microbusinesses in Colombia, characterized by a low wealth and value of assets (Besley & Ghatak, 2010).

Based on this discussion, the first instrumental variable (*Collateral 1*) is a dummy variable that equals 1 if, in the previous year, the owner of the micro business invested in the acquisition of land, a shop, or establishment; machinery or tools; computer or ICT equipment; furniture or office equipment; vehicles or other assets, and 0 otherwise. The second variable (*Collateral 2*) is equal to 1 if the shop, establishment, vehicle, or place where the microbusiness develops its activity is owned and fully paid for or owned but is being paid for. In particular, the first stage regressions are given by:

$$FormalCredit_i = \phi_1 \cdot Collateral1 + \phi_2 \cdot Collateral2 \\ + \pi_i' X_i + \nu_s + \eta_d + \epsilon_i \quad (3)$$

$$InformalCredit_i = \varphi_1 \cdot Collateral1 \\ + \varphi_2 \cdot Collateral2 + \zeta_i' X_i + \nu_s + \eta_d + \epsilon_i$$

where *Collateral1* and *Collateral2* relate to both instrumental variables; *Xi* correspond to the vector of control variables; ν_s and η_d represent sector and department fixed effects; and ϵ_i denotes the error term. Our identifying assumption is that the ownership of collateralizable assets directly impacts the financial inclusion of microbusinesses through the promotion of formal credit while disincentivizing the use of informal credits, and only through these relationships it ends up having a role in their formalization process.[11] We formally test the relevance of our instrumental variables in section 5.2 below.

Finally, the exclusion restriction would be violated if our instrumental variables would directly influence firm formalization. For example, if the business registry required firms to show proof that they are legally using the premises where they carry out their activity, as in Sri Lanka or other countries (de Mel, et al., 2013).

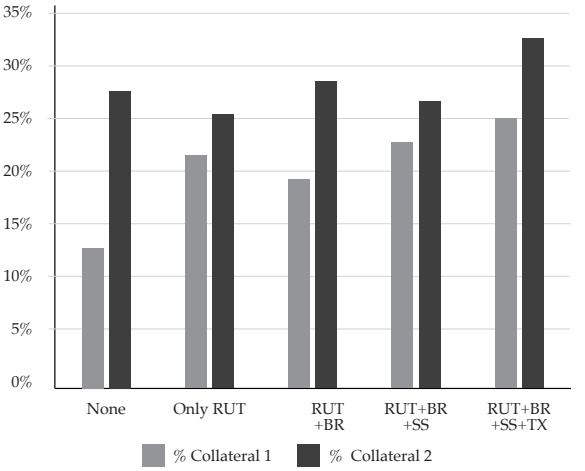
11 Specifically, *Cov(Collateral1,financial.inclusion)≠0, Cov(Collateral2,financial.inclusion)≠0, Cov(Collateral1,μ)=0, Cov(Collateral2,μ)=0.*

We do not believe this represents a problem in our setting as the business registry in Colombia is self-reported, and the Chambers of Commerce do not have to cross-validate the information reported by firms. Another violation of the exclusion restriction can happen if having secure property rights over its assets induces firms' likelihood of making longer-term investments in other types of capital or advertisement. Although this assumption cannot be tested, in our robustness checks, we present the 2SLS estimation, including a different set of control variables aimed to control for this sort of expense and investment. As we will show below, our main results do not change. Moreover, in Figure 1 we show that the share of microbusinesses that have collaterals does not have a clear monotonic relationship with the businesses' level of formalization, instead it presents some interesting 'ups-and-downs' along the formalization stages. These results represent descriptive evidence suggesting that the ownership of collateralizable assets does not necessarily affects the level of formalization directly.

5. Results

This section presents the main econometric results of the paper. First, we present the estimations of equation (1) using OLS and 2SLS, where the potential endogeneity problem between informality and access to formal credit is considered. Second, we exploit the heterogeneity of firms in their transition towards formalization, using ordered Probit models without and with instrumental variables.

Figure 1.
Share of Microbusinesses with Collaterals and Formalization Stage



Note: This figure shows the percentage of microbusinesses by formalization stage according to their ownership of collateral. Collateral 1 is a dummy variable that equals 1 if, in the previous year, the owner of the micro business invested in the acquisition of land, a shop, or establishment; machinery or tools; computer or ICT equipment; furniture or office equipment; vehicles or other assets, and 0 otherwise. Collateral 2 is equal to 1 if the shop, establishment, vehicle, or place where the microbusiness develops its activity is owned and fully paid for or owned but is being paid for. BR corresponds to the possession of a business registry; SS corresponds to "some social security," which alludes to microbusinesses that made any contribution to pensions or healthcare, be it for the owner or one of their employees; TX refers to "any tax," which alludes to the payment of at least one of the following taxes: income tax, VAT tax, or corporate tax. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

5.1. Informality and Access to Credit

First, Table 6 shows the results for estimating equation (1) using the binary definition of formalization as a dependent variable, i.e., 0 for all microbusinesses in a state of total informality (62.7% of them) and 1 otherwise. As this variable can be defined for the entire sample, it captures the relationship between financial inclusion and formalization among microbusinesses more accurately. In column (1), we present the main coefficients of the model estimated by OLS. We observe a strong positive relationship between access to formal credit and formalization, while a negative relationship with access to informal credit. In particular, having a

credit from the formal financial system is associated with a 23% higher probability of not being informal.

These correlations hold even after including control variables and departmental and sector fixed effects, as shown in columns (2) and (3). Including these controls and fixed effects is an important step towards obtaining the causal effect between these two variables, given the existence of observable variables, as well as unobservable variables at the department or sector level that affect the relationship between them. For example, it is possible that, in the food services sector, it is more complicated for a microbusiness to exit informality given (i) the greater number of requirements to operate formally and (ii) the relatively low levels of physical and human capital required to establish this type of economic activity. Moreover, in some peripheral regions of the country, both access to the financial system and formalization rates may be lower, given the relatively low levels of economic development and other cultural factors.

Table 6.
OLS and Probit Models

Variables	(1) OLS	(2) OLS	(3) OLS	(4) Probit	(5) Marginal Effects
Formal credit	0.230***	0.126***	0.125***	0.390***	0.116***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.002)	(0.001)
Informal credit	-0.112***	-0.089***	-0.048***	-0.318***	-0.095***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.004)	(0.001)
Formal saving		0.191***	0.148***	0.647***	0.193***
		(0.001)	(0.001)	(0.003)	(0.001)
Informal saving		-0.041***	-0.018***	-0.135***	-0.040***
		(0.001)	(0.001)	(0.002)	(0.001)
Observations	4,147,080	4,147,080	4,147,080	4,147,080	4,147,080
R-squared	0.025	0.246	0.297	0.200	0.200
Controls	NO	YES	YES	YES	YES
Department FE	NO	NO	YES	NO	NO
Economic Sector FE	NO	NO	YES	NO	NO

Note: This table shows the estimates of the regressions of a dummy variable that takes the value of 0 if the microbusiness is completely informal (does not fulfill any of the requirements to be formalized) and 1 if not. Independent variables include a dummy that equals 1 if the microbusiness has had access to formal or informal credit, or if the microbusiness saves formally or informally, and other control variables. Column (1) shows the results of the OLS regression; column (2) is also an OLS regression, but it includes the set of control variables, while column (3) includes department and sectors fixed effects; column (4) shows the results of the probit model, and column (5) depicts its marginal effects. Robust standards errors in the parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

As shown in column (3), access to formal credit and formal savings continue to be positively and significantly related to formalization. Specifically, microbusinesses that have credit in the formal financial system have an average 12.5% higher probability of not being completely informal compared to microbusinesses that do not haver credit. On the other hand, microbusinesses that have informal credit have an average 4.8% higher probability of being completely informal compared to microbusinesses that do not have credit. Similarly, microbusinesses that deposit their savings in the formal financial system have a higher average probability (14.8%) of not being informal. For informal savings, this probability is 1.8% lower.

Finally, given the discrete nature of the dependent variable, column (5) presents the estimation of equation (1) using a probit model, together with its respective marginal effects in column (5). The marginal effects derived from this estimation are similar in size to those presented in column (2), showing a negative relationship between formal credit and savings and microbusiness informality and a positive relationship between informal credit and informality.

To address the endogeneity between access to formal credit and formalization and establish their causal relationship, we estimate equation (1) using instrumental variables and a 2SLS estimation with equation (3) for the first stage. As mentioned in the previous section, we use as instrumental variables the ownership of collateralizable assets by the owners of the microbusinesses since these assets potentially affect the probability of a microbusiness applying for and obtaining formal or informal credit.

The first stage results, which we present in columns (2) and (3) of Table 7, reveal that there is indeed a positive relationship between ownership of collateralizable assets by microbusinesses and formal access to credit markets. As mentioned above, the ownership of these assets helps mitigate information asymmetries in formal credit markets and might allow for an easier acceptance of a credit application. On the other hand, microbusinesses that do not operate out of their premises are more likely to obtain informal sources of credit. The last row of Table 7 presents the F-statistic of the Kleibergen-Paap test for weak instruments. This statistic is well above the levels of 10, or even 105, as suggested by the literature (Lee et al., 2021), indicating that these instrumental variables are not weak.

Using these estimates, column (4) presents the results of the second stage of the 2SLS model. These parameters show a positive impact of access to formal credit on the probability that a microbusiness leaves informality. In particular, having access to formal credit can increase by 78% the probability that a microbusiness leaves a state of complete informality. Nonetheless, having access to informal credit leads to a 142% higher probability that the microbusiness remains in a state of informality relative to a unit that does not have credit.

These results suggest that accessing formal credit markets has the power to break the vicious cycle of low productivity and high informality present in developing countries. However, having access to informal sources of credit can deepen this vicious cycle, and it may even be better not to have access to these sources of finance at all. Moreover, the large differences between the OLS and the 2SLS estimates could be pointing to the large array of results in the literature showing no effect of formalization on access to credit (e.g., McKenzie & Sakho, 2010; Benhassine et al., 2018)), which could be biasing the OLS estimates.

Table A.3. presents the complete estimation results of these specifications. All the variables have the expected direction in the OLS and the 2SLS specifications. In particular, being an older business is associated with a higher chance of being formal, which could come from the fact that older microbusinesses that have survived could be slightly more productive and have accumulated more resources to overcome the barriers to becoming formal. Moreover, as shown in Table A.2., having a more structured accounting record is associated with being a more formal microbusiness.

Table 7.
Two-Stage Least-Squares Regression

Variables	(1) Fixed Effects	(2) 1st Stage (IV) Formal credit	(3) 1st Stage (IV) Informal credit	(4) 2nd Stage (IV)
Formal credit	0.125***			0.777***
	(0.001)			(0.011)
Informal credit	-0.048***			-1.421***
	(0.001)			(0.049)
Collateral 1 (IV)		0.111***	0.024***	
		(0.001)	(0.000)	
Collateral 2 (IV)		0.031***	-0.007***	
		(0.000)	(0.000)	
Observations	4,147,080	4,147,080	4,147,080	4,147,080
Kleibergen-Paap rk F stat	**1,372.2**			

Note: This table shows the estimates for regressions of a dummy variable that takes the value of 0 if the microbusiness is completely informal (does not fulfill any of the requirements to be formalized) and 1 if not, on variables such as if the microbusiness has had access to formal or informal credit, if it saves formally or informally, other control variables and fixed effects for department and economic sector. Column (1) depicts estimates for an OLS model; column (4) depicts the model using 2SLS instrumenting access to formal and informal credit with two variables: (i) a dummy variable that has a value of 1 if the owner of the microbusiness invested in the purchase or acquisition of real estate, vehicles or other assets in the last year; (ii) a dummy variable that has a value of 1 if the locale, vehicle or place where the microbusiness operates is owned and totally paid for or owned and is currently being paid for. The estimations of the first two stages are presented in columns (2) and (3). Robust standards errors in the parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. The coefficients for other variables are not shown, as no clear identification strategy exists for them. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

In Table A.4., we present different robustness checks for this 2SLS specification. First, in column (1), we measure credit access using dummy variables that equal 1 if the microbusiness applied to a formal or informal credit, instead of whether they obtained it. Results are highly similar as 88% and 100% of microbusinesses who apply for a formal or an informal credit, respectively, obtains it. In column (2), we include variables for the businesses' expenditures in advertisement, professional services, or telecommunication technologies to control for the fact owning assets may increase firms' incentives for making investments in advertising and telecommunication technologies. In column (3), we further include a dummy variable that equals 1 if the business invested in other types of assets (vehicles, land, machinery or tools, hardware or software, or furniture) and if its owner is saving for education or health purposes as a proxy for human capital accumulation, to control for the fact that owning assets and having credit can incentivize the owners of microbusinesses to invest in other types of physical or human capital. Both sets of results lie around our main results. In column (4), we present the results of our main specifications but include month fixed effects to account for potential seasonal differences affecting microbusinesses in month of the year where the survey was implemented. Results are statistically equal in this specification.

We would like to finish this section by noting that, even though we present descriptive evidence suggesting that the identifying assumptions might hold in our case and our 2SLS results are robust to different specifications, we consider our estimates to be a conservative upper bound of the true causal relationship between credit access and formalization. As we discussed in the descriptive evidence, credit and savings rate could be underreported if the data ignores the links between owner and personal finances, and the existence of digital savings account. If these issues are stronger for informal firms, our results could be upward biased. To exactly point out the causal relationship between these variables, a more robust identification strategy or a more detailed dataset is needed.

5.2. Gradual Formalization and Access to Credit

The previous section presented evidence of the critical role that access to the formal credit system plays in exiting informality. In this subsection, we explore the impact that access to credit has on the transition of a microbusiness to complete formalization, using ordered Probit models. For this model, we use as a dependent variable a categorical value that takes values between 1 and 5 depending on the location of a microbusiness within the formalization ladder defined previously.

Although most microbusinesses in the country follow this "natural" order towards formalization (Torres & Acosta, 2021), some microbusinesses do not, and, therefore, the ordered Probit estimation loses these observations. Of the 4,147,080 observations we used in the previous subsection, 547,975 (13.2%) microbusinesses are outside these five formalization stages and in other intermediate formalization stages. If these omitted microbusinesses are particularly distinct from those within the formalization stages, the ordered Probit estimates could suffer from selection bias. For example, if the omitted microbusinesses have higher rates of informality despite having greater access to the financial system, the effect of access to formal credit on formalization could be overestimated.

For this reason, we compare the mean of the variables of our econometric specification among different groups of microbusinesses: those within one of the five gradual stages of formalization and those outside this order. Generally, the average of all the variables—which we present in Table A.5—shows a comparable behavior between groups. Microbusinesses outside the natural formalization order seem to be relatively similar to those located between the second and fourth stages: those in intermediate steps of formalization characterized by having a tax identification number, a business registration and contributing to some of the required social security payments. Therefore, the omission of these observations does not represent a major threat to the estimation of our ordered Probit models.

Table 8 shows the main results of our ordered Probit model without using the instrumental variables; column (1) shows the estimated coefficients, while the other columns present the marginal effects for each formalization stage. These results show that microbusinesses that apply for a formal credit have an average 13.7% lower probability of being in the first formalization stage (i.e., being completely informal) than those that do not apply for a credit. At the same time, microbusinesses that deposit their savings in formal financial institutions have a lower probability (18.0%) of belonging to this level of formalization. It is worth noting the similarities between these marginal effects and those presented in Table 6.

For the remaining stages, in which microbusinesses already register a certain level of formalization, the marginal effect of each of the four variables of interest follows the expected direction and is decreasing in the level of formalization of microbusinesses. This decreasing pattern can be explained by the decreasing number of microbusinesses along the formalization ladder.

Table 8.
Ordered Probit Regression

Variables	Coefficients	Marginal Effects				
		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V
Formal credit	0.402***	-0.137***	0.052***	0.050***	0.028***	0.008***
	(0.002)	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Informal credit	-0.269***	0.076***	-0.036***	-0.026***	-0.011***	-0.003***
	(0.004)	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Formal saving	0.509***	-0.180***	0.063***	0.066***	0.039***	0.012***
	(0.003)	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Informal saving	-0.154***	0.046***	-0.021***	-0.015***	-0.007***	-0.002***
	(0.002)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Observations	3,600,005					
Prob(tier=i)		0.759	0.141	0.072	0.024	0.004

Note: This table shows an ordered probit regression (column 1) and its respective marginal effects (columns 2 to 6) in which the dependent variable has values ranging from 1 to 5 depending on the formalization stage in which the microbusiness is currently on, as a function of whether the microbusiness has had access to formal or informal credit, and other control variables. The last row is the predicted probability for each formalization stage. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Finally, to understand the causal impact of access to formal and informal credit on the transition to formalization, we estimate the ordered Probit model using the same instrumental variables used in the 2SLS model presented in Section 5.1. We show these estimated coefficients in Table 9 and the respective estimated marginal effects for each formalization stage. The first estimation stage is equivalent to that used in the previous subsection (equation 3) but estimated using probit models. The results show that greater access to formal credit positively and significantly affects the probability of belonging to any formalization stage.

However, these results also show important differences along the formalization ladder. In particular, the effect of formal credit is larger for the probability of advancing through the first stages, i.e., accessing formal credit can lead a microbusiness to move out of total informality and obtain its RUT (tax identification number) and business registry. Two forces may be behind this effect. First, a mechanical effect whereby microbusinesses must process these two requirements to access formal credit. Second, a productivity effect, whereby greater access to formal credit leads microbusinesses to acquire more capital or adopt better production processes, which increases their income with which they can more easily cover the costs associated with the first steps of formalization. Although the first effect likely plays an important role, the fact that a positive effect is observed for stages 3 to 5 leads us to conclude that the productivity effect is relevant, given that the procedures associated with these latter stages are not usually a prerequisite for obtaining a formal credit.

Table 9.
Ordered Probit Regression with Instrumental Variables

Variables	Coefficients	Marginal effects				
		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V
Formal credit	0.620***	-0.155***	0.047***	0.046***	0.035***	0.027***
	(0.008)	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.000)
Informal credit	-0.196***	0.049***	-0.015***	-0.014***	-0.011***	-0.008***
	(0.022)	(0.006)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.001)
Observations	3,600,005					
Prob(tier=i)		0.717	0.123	0.084	0.050	0.026

Note: This table shows the results of an ordered probit regression with instrumental variables (column 1) and their respective marginal effects (columns 2 to 6) in which the dependent variable has values ranging from 1 to 5 depending on the formalization stage in which the microbusiness is currently on, as a function of whether the microbusiness has had access to formal or informal credit, and other control variables. The model is estimated using an ordered probit regression with instrumental variables (using Roodman's (2011) **cmp** routine), instrumenting access to formal and informal credit using two variables: (i) a dummy variable that has a value of 1 if the owner of the microbusiness invested in the purchase or acquisition of real estate, vehicles or other assets in the last year; (ii) a dummy variable that has a value of 1 if the locale, vehicle or place where the microbusiness operates is owned and totally paid for, or owned and is currently being paid for. The first stage is estimated using probit models, and the second stage uses an ordered probit. Robust standards errors in the parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. The coefficients for other variables are not shown as no clear identification strategy exists for them. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

In contrast, microbusinesses that access informal credit markets decrease their probability of being in any formalization stage, increasing their probability of being completely informal. Moreover, the marginal effect of this sort of credit also decreases as the level of formalization increases, suggesting that going to an informal market has a lower incidence on more formalized microbusinesses.

6. Conclusions

Of the total number of registered firms in Colombia, 93% are microbusinesses, and 66% of these do not have any degree of formalization. Moreover, more than 70% reported never having applied for a loan to manage their business. These patterns are not unique to Colombia but rather common among developing countries. For this reason, it is vital to understand the important role of microbusinesses in the economy of developing countries and the relationship between access to financial products and their formalization process.

In general, low formalization rates of microbusinesses in developing countries are explained by low productivity levels, complex and costly formalization processes, and weak institutional capacity. In turn, low productivity leads to lower firm growth, negatively impacting firm and labor formalization, limiting access to formal financial systems, and restricting the capacity to accumulate capital and invest in new technologies, leading to even lower productivity levels.

This paper estimates the relationship between microbusinesses' access to formal financial markets and their transition toward formalization in Colombia. To evaluate this relationship, we use the Microbusiness

Survey, which was created in 2019 aimed to gather information on formal and informal microbusinesses in Colombia and study their characteristics. Using these data, we carry out a descriptive analysis and the estimation of different econometric models (both linear and discrete) to analyze how financial inclusion affects the formalization process of microbusinesses. Given the endogeneity between both variables, our identification strategy relies on instrumental variables and the inclusion of a large vector of control variables, sector and department fixed effects. In particular, we exploit information on the ownership of collateralizable assets by microbusinesses (such as their own place, vehicles, or large machinery) to build two instrumental variables for credit access to both formal and informal institutions.

When we use traditional binary definitions of formalization (i.e., considering a microbusiness to be informal when it does not comply with any formalization requirements), we find a negative correlation between access to the formal financial system and informality. Microbusinesses that apply for credit or save in the formal financial system have a 12.5% and 14.8%, respectively, higher probability of not being informal compared to microbusinesses that do not apply for credit. Microbusinesses that apply for informal credits or save in informal sources (i.e., at their residence) have an average of 4.8% and 1.8%, respectively, higher probability of being informal compared to microbusinesses that do not apply for credit or do not save. After including the instrumental variables, results suggest that access to credit with the formal financial system can increase by 78% the probability that a microbusiness has some formalization compared to microbusinesses that do not apply for any type of credit. This result suggests that applying for credit with a formal financial institution can help microbusinesses escape informality. On the other hand, having access to informal credit can reinforce the state of informality.

Nonetheless, recent discussions in academia and policy circles have argued that it is important to consider formalization as a process, not a binary state. This multidimensional process is given by the fact that a new firm must comply with many requirements and regulations before being considered formal. As shown by Torres & Acosta (2021), for most microbusinesses these requirements tend to follow a natural order starting with a level of total informality in which they do not have a tax identification number, business registry, make no payments to social security and do not pay any taxes; and ending with a fifth step with microbusinesses that comply with all these requirements.

Therefore, we study the distribution of financial inclusion along these different formalization stages. Descriptive statistics show a positive monotonic relationship between the share of businesses that applied to formal credit and their formalization stage. Moreover, microbusinesses with low levels of formalization tend to rely more on informal sources of credit and present a lack of bookkeeping methods. We exploit this multidimensional formalization process to estimate ordered probit models, with and without including our instrumental variables. Results from these models suggest that the positive effect of formal credit occurs throughout all stages of the formalization process, especially in the first steps (obtaining the tax identification number and the business registry) but also in the more advanced steps, such as labor and tax formalization. This is a possible indication of the positive effect that credit has on the productivity of microbusinesses in Colombia.

Although access to the formal financial system increases with the degree of firm formalization, the latter is not a sufficient condition for accessing formal credit markets. In addition, the lack of access to formal financial systems does not stem only from the financial barriers imposed by financial institutions on microbusinesses, but also from information asymmetries between credit providers and demanders and different behavioral barriers. Our data show the high share of microbusinesses that claim not to have applied for credits because they "do not need them" (even with their low productivity levels), because they are afraid of getting into debt, or because they do not trust fi-

nancial institutions. These statistics clearly show a lack of awareness of the advantages of accessing credit to accumulate capital and increase the capacity to invest in new technologies.

We consider our estimates a conservative upper bound of the true causal relationship between credit access and formalization. If Emicron ignores the connection between owner and personal finances and survey respondents fail to consider digital savings accounts (such as Nequi or Daviplata) as a formal source of savings, our results could still suffer from an upward bias. To study in more detail the financial conditions of microbusinesses in Colombia, it would be highly valuable if Emicron started to collect data on these issues, for example, on the adoption and usage of digital banking instruments.

In recent years, different countries in Latin America have made enormous efforts to reduce the costs associated with formalization (Ulyssea, 2020). The question arises as to whether a policy based on cost reductions is sufficient or, on the contrary, a gradual formalization policy accompanied by conscious efforts to increase productivity would be more beneficial for businesses and the whole society. Reductions in the costs associated with formalization may generate a phenomenon of formalized and low-productive firms. In other words, this type of formalization has the danger of ending up being a "labeling" process that does not solve the structural problems associated with informality. Therefore, business formalization programs should aim to increase firm productivity, especially among promising microbusinesses, that ensure access to higher quality input markets and improve internal management practices. As a result, the vicious circle of informality could be broken by increasing productivity, which would positively impact the level of formalization and the entrepreneurial dynamism of the economy.

References

Aga, G. A., Reilly, B. (2011). Access to credit and informality among micro and small enterprises in Ethiopia. International Review of Applied Economics, 25(3), 313-329.

Anif. (2018). La inclusión financiera de las Mipymes en Colombia. http://anif.co/Biblioteca/politica-fiscal/la-inclusion-financiera-de-las-mipyme-encolombia

Banca de las Oportunidades. (2021). Demanda de los Productos Financieros En los Micronegocios Colombianos. Unidad de Análisis Económico - Banca De Las Oportunidades. https://www.bancadelasoportunidades.gov.co/sites/default/files/2021-03/Reporte%20micronegocios%20final.pdf

Benhassine, N., McKenzie, D., Pouliquen, V., & Santini, M. (2018). Does inducing informal firms to formalize make sense? Experimental evidence from Benin. Journal of Public Economics, 157, 1-14.

Besley, T., & Ghatak, M. (2009). Property Rights and Economic Development. Handbook of Development Economics, vol 5, edited by Dani Rodrik and Mark Rosenzweig. Amsterdam: North Holland.

Bruhn, M., & McKenzie, D. (2014). Entry regulation and the formalization of microenterprises in developing countries. The World Bank Research Observer, 29(2), 186-201.

Busso, M., Fazio, M., y Algazi, S. (2012). (In) formal and (un) productive: The productivity costs of excessive informality in Mexico. IDB Working Paper Series 4789.

Campos, F., Goldstein, M., & McKenzie, D. (2023). How should the government bring small firms into the formal system? Experimental evidence from Malawi. Journal of Development Economics, 103045.

Caro, L., Galindo, A., y Meléndez, M. (2012). Credit, labor informality and firm performance in Colombia (No. IDB-WP-325). IDB Working Paper Series.

Castro, F., Londoño, D., Cruz, Á. J., & Gómez, C. P. (2020). ¿Qué factores inciden en la demanda de crédito de la microempresa en Colombia? Archivos de Economía, (522).

Catão, L., y Rosales, M. R. (2009). Financial dependence, formal credit, and informal jobs: new evidence from Brazilian household data. Formal Credit, and Informal Jobs: New Evidence from Brazilian Household Data (December 2009).

Chiappori, P. A., & Salanié, B. (2000). Testing for asymmetric information in insurance markets. Journal of Political Economy, 108(1), 56-78.

Confecámaras (2018). Nuevos Hallazgos de la Supervivencia y Crecimiento de las Empresas en Colombia. Red de Cámaras de Comercio de Colombia. https://confecamaras.org.co/analisis-economico

Dabla-Norris, E., & Inchauste, G. (2008). Informality and regulations: What drives the growth of firms? IMF Staff Papers, 55(1), 50-82.

Dabla-Norris, E. & Koeda, J. (2008). Informality and bank credit: Evidence from firm-level data. IMF Working Papers 2008/094.

De Andrade, G. H., Bruhn, M., & McKenzie, D. (2016). A helping hand or the long arm of the law? Experimental evidence on what governments can do to formalize firms. The World Bank Economic Review, 30(1), 24-54.

De Mel, S., McKenzie, D., & Woodruff, C. (2013). The demand for, and consequences of, formalization among informal firms in Sri Lanka. American Economic Journal: Applied Economics, 5(2), 122-150.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2012). GLOSARIO DE TÉRMINOS GRAN ENCUESTA INTEGRADA DE HOGARES GEIH.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). Encuesta de Micronegocios -2019. Dirección de Metodología y Producción Estadística - DIMPE.

Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2019). Documento CONPES 3956 – Política de Formalización Empresarial https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%c3%b3micos/3956.pdf

Dirección de Metodología y Producción Estadística - DIMPE. (2019). Encuesta de Micronegocios-2019.

Fernández L., F. (2017). Impacto de la informalidad laboral sobre el acceso a crédito formal. Coyuntura Económica. 47(1 y 2). Junio-diciembre, pp. 169-204. Fedesarrollo, Bogotá.

Fernández, C. (2020). Informalidad empresarial en Colombia. Coyuntura Económica, 50, 133-168, diciembre. Fedesarrollo, Bogotá.

Galiani, S., & Schargrodsky, E. (2011). Land Property Rights and Resource Allocation. Journal of Law and Economics, 54, S329-S344.

Gandelman, N., & Rasteletti, A. (2013). Credit constraints, sector informality and firm investments: Evidence from a panel of Uruguayan firms.

International Labor Organization (2021). Empleo e informalidad en América Latina y el Caribe: una recuperación insuficiente y desigual. Nota técnica, Serie Panorama Laboral en América Latina y el Caribe.

Karlan, D., & Zinman, J. (2009). Observing Unobservables: Identifying Information Asymmetries with a Consumer Credit Field Experiment. Econometrica, 77(6), 1993–2008.

Lee, D.S., McCrary, J., Moreira, M.J., & Porter, J.R. (2021). Valid t-ratio Inference for IV. NBER Working Paper w29124.

Locke, S., & Wellalage, H.N. (2016). Informality and credit constraints: evidence from Sub-Saharan African MSEs. Applied Economics, 48(29), 2756-2770

Malkova, A., Peter, K. S., & Svejnar, J. (2021). Labor Informality and Credit Market Accessibility. Working Paper.

McKenzie, D., & Sakho, Y. S. (2010). Does it pay firms to register for taxes? The impact of formality on firm profitability. Journal of Development Economics, 91(1), 15-24.

Perry, G., Maloney, W., Arias, O., Fajnzylber, P., Mason, A., & Saavedra- Chanduvi, J. (2007). Informality: Exit and Exclusion. The World Bank.

Roodman, D. (2011). Fitting fully observed recursive mixed-process models with cmp. The Stata Journal, 11(2), 159-206.

Santa María. M., & Rozo. S. (2009). Análisis cualitativo y cuantitativo de la informalidad empresarial en Colombia. Revista Desarrollo y Sociedad, (63), 269-296.

Stiglitz, J. E., & Weiss, A. (1981). Credit Rationing in Markets with Imperfect Information. The American Economic Review, 71(3), 393-410.

Torres, A. y Acosta, C. (2021). Diseño de una ruta de formalización laboral gradual. (Informe N °1 – Diagnóstico). Universidad EAFIT.

Torres, A. y Acosta, C. (2022). Diseño de una ruta de formalización laboral gradual. (Informe N °2 – Propuesta de Política). Universidad EAFIT.

Ulyssea, G. (2020). Informality: Causes and consequences for development. Annual Review of Economics, 12, 525-546.

Urueña-Mejía, J. C., Gutierrez, L. H., & Rodríguez-Lesmes, P. (2023). Financial inclusion and business practices of microbusiness in Colombia. Eurasian Business Review, 13(2), 465-494.

Woodruff, C. (2018). Addressing constraints to small and growing businesses. International Growth Centre, London, 20.

Zuleta, L. A. (2016). Inclusión financiera de la pequeña y mediana empresa en Colombia. CEPAL, Serie 262. Financiamiento para el desarrollo.

Appendix – Supplementary Material for Online Publication

Additional Tables and Figures

Table A.1.
Variable Description

Variable	Description	Mean	Min	Max
Formality	Dummy, 1 if the microbusiness has any formalization stage and 0 if not.	0.374	0	1
Formalization stage	Categorical, ranging from 1 if the microbusiness is in the first formalization stage to 5 if it is in the fifth degree.	1.538	1	5
Formal credit	Dummy, 1 if the microbusiness owner obtained credit for managing their business in the formal financial market, 0 if they did not ask for one or did in the informal market.	0.111	0	1
Informal credit	Dummy, if the microbusiness owner obtained credit for managing their business in the informal financial market, 0 if they did not ask for one or did in the formal market.	0. 044	0	1
Formal saving	Dummy, 1 if the microbusiness owner saved money from their business in the formal financial market, 0 if they did not save or did in the informal market.	0.061	0	1
Informal saving	Dummy, 1 if the microbusiness owner saved money from their business in the informal financial market, 0 if they did not save or did in the formal market.	0.184	0	1
Women	Dummy, 1 if the microbusiness owner is a woman, 0 otherwise.	0. 411	0	1
Self-employed	Dummy, 1 if the microbusiness owner is self-employed, 0 otherwise.	0. 870	0	1
Age	Natural logarithm of the number of years in which the microbusiness has existed.	1.121	0	1.61
Bogotá	Dummy, 1 if the microbusiness is in Bogota, 0 otherwise.	0.165	0	1
Medellín	Dummy, 1 if the microbusiness is in Medellín, 0 otherwise.	0.080	0	1
Cali	Dummy, 1 if the microbusiness is in Cali, 0 otherwise.	0.064	0	1
Manufacture	Dummy, 1 if the microbusiness is part of the manufacturing industry, 0 otherwise.	0.123	0	1
Accounting records	Dummy, 1 if the microbusiness has any accounting record, 0 otherwise.	0.37	0	1

Note: This table shows the mean, minimal, and maximum values for the main variables of interest used in the empirical models. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Table A.2.
Bookkeeping by formalization stage in 2019

Formalization stage	Which is the primary record used to carry out bookkeeping?		
	None	Simple	Advanced
i. None	77.8%	22.1%	0.1%
ii. Only RUT	59.2%	40.2%	0.6%
iii. RUT and business registry	21.0%	71.7%	7.3%
iv. RUT, business registry, and some social security	9.6%	57.8%	32.6%
v. RUT, business registry, some social security, and any tax	2.9%	59.9%	37.2%

Note: This table shows the percentage of microbusinesses by formalization stage according to the primary record used for accounting; the "None" category refers to microbusinesses with no recordkeeping. The "Simple" category contains those microbusinesses that do their accounting through a transaction journal and other kinds, such as notebooks, Excel, or cash registers. The "Advanced" category includes those microbusinesses that use a balance sheet or income statement and financial/labor/tributary statements. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Table A.3.
Two-Stage Least-Squares Regression – Full Estimation

Variables	(1) Fixed Effects	(2) 1st Stage (IV) Formal credit	(3) 1st Stage (IV) Informal credit	(4) 2nd Stage (IV)
Formal credit	0.125***			0.777***
	(0.001)			(0.011)
Informal credit	-0.048***			-1.421***
	(0.001)			(0.049)
Collateral 1 (IV)		0.111***	0.024***	
		(0.001)	(0.000)	
Collateral 2 (IV)		0.031***	-0.007***	
		(0.000)	(0.000)	
Formal Savings	0.148***	0.045***	-0.025***	0.079***
	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.002)
Informal Savings	-0.018***	-0.009***	0.002***	-0.014***
	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.001)

Variables	(1) Fixed Effects	(2) 1st Stage (IV) Formal credit	(3) 1st Stage (IV) Informal credit	(4) 2nd Stage (IV)
Age	0.098***	0.054***	0.015***	0.081***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.001)
Women	-0.079***	0.019***	-0.006***	-0.101***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.001)
Self-employed	-0.238***	-0.064***	0.006***	-0.183***
	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.001)
Accounting Record	0.276***	0.059***	0.003***	0.241***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.001)
Observations	4,147,080	4,147,080	4,147,080	4,147,080
Kleibergen-Paap rk F stat	**1,372.2**			

Note: This table shows the estimates for regressions of a dummy variable that takes the value of 0 if the microbusiness is completely informal (does not fulfill any of the requirements to be formalized) and 1 if not, on variables such as if the microbusiness has had access to formal or informal credit, if it saves formally or informally, the other control variables presented in the table and fixed effects for department and economic sector. Column (1) depicts estimates for an OLS model; column (4) depicts the model using 2SLS instrumenting access to formal and informal credit with two variables: (i) a dummy variable that has a value of 1 if the owner of the microbusiness invested in the purchase or acquisition of real estate, vehicles or other assets in the last year; (ii) a dummy variable that has a value of 1 if the locale, vehicle or place where the microbusiness operates is owned and totally paid for or owned and is currently being paid for. The estimations of the first two stages are presented in columns (2) and (3). Robust standards errors in the parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. The coefficients for other variables are not shown, as no clear identification strategy exists for them. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Table A.4.
Two-Stage Least-Squares Regression – Robustness Checks

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
Formal credit	0.752***	0.735***	0.799***	0.787***
	(0.011)	(0.011)	(0.013)	(0.011)
Informal credit	-1.771***	-1.558***	-1.289***	-1.490***
	(0.056)	(0.049)	(0.034)	(0.051)
Observations	4,147,080	4,147,080	4,147,080	4,147,080
Kleibergen-Paap rk F stat	1,261.9	1,436.8	2,227.02	1,354.6

Note: This table shows the estimates for regressions of a dummy variable that takes the value of 0 if the microbusiness is completely informal (does not fulfill any of the requirements to be formalized) and 1 if not, on variables such as if the microbusiness has had access to formal or informal credit, if it saves formally or informally, other control variables and fixed effects for department and economic sector. All columns use 2SLS instrumenting access to formal and informal credit with two variables: (i) a dummy variable that has a value of 1 if the owner of the microbusiness invested in the purchase or acquisition of real estate, vehicles or other assets in the last year; (ii) a dummy variable that has a value of 1 if the locale, vehicle or place where the microbusiness operates is owned and totally paid for or owned and is currently being paid for. In column (1),

we measure credit access using dummy variables that equal 1 if the microbusiness applied to a formal or informal credit, while in columns (2) and (3) use dummy variables that equal 1 if the microbusiness obtained a formal or informal credit. In column (2), we include control variables for the businesses' expenditures (if any) in advertisement, professional services, or telecommunication technologies. In column (3), we further include a dummy variable that equals 1 if the business invested in other types of assets (vehicles, land, machinery or tools, hardware or software, or furniture) and if its owner is saving for education or health purposes as a proxy for human capital accumulation. In column (4), we estimate the baseline specification but include month fixed effects.

Robust standards errors in the parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. The coefficients for other variables are not shown, as no clear identification strategy exists for them. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Table A.5.
Mean Analysis across Formalization Stages

Variable	Stage I	Stages II to IV	Stage V	Left out
N	2,598,086	906,568	95,351	547,075
Formal credit	0.074	0.183	0.277	0.138
Informal credit	0.053	0.033	0.009	0.024
Formal saving	0.022	0.107	0.245	0.137
Informal saving	0.189	0.182	0.181	0.164
Woman	0.451	0.352	0.304	0.338
Self-employed	0.941	0.743	0.410	0.822
Age	1.060	1.222	1.363	1.199
Manufacture	0.118	0.156	0.134	0.095
Accounting records	0.222	0.624	0.966	0.510

Note: This table shows the mean of the main independent variables of the empirical model for the various subgroups: those microbusinesses that are completely informal (stage I), microbusinesses in the middle of a transition towards formality (stages II to IV), formal microbusinesses (stage V), and microbusinesses in other parts of the ladder, those who follow non-conventional paths towards formalization. Source: Made by the authors using data from EMICRON (2019).

Lluvias, Servicios Públicos y Mortalidad Infantil en Colombia

Por:
Juan Sebastián Burgos Velasco[1]

Palabras clave: *Lluvias, Servicios Públicos, Mortalidad Infantil, Género.*
Key Words: *Rain, Public Services, Child Mortality, Genre.*

JEL: *H41, I12, J16, Q54.*

Lluvias, Servicios Públicos y Mortalidad Infantil en Colombia.

Rain, Public Services and Child Mortality in Colombia.

Primera versión recibida el 2 de junio de 2023; versión final aceptada el 24 de julio de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 81-112. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Resumen

Este documento estudia las coberturas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado como mecanismos de protección ante fenómenos de precipitaciones extremas en Colombia, para el periodo 1985-2018. Tomando estos fenómenos como el número de días por año en que una municipalidad sufrió de sequías o lluvias intensas, se encuentra que, entre mayor es el nivel de cobertura de acueducto, el efecto de las primeras sobre la tasa de mortalidad infantil disminuye y, así mismo, el contar con una cobertura alcantarillado más alta reduce el efecto de las lluvias. Al diferenciar la mortalidad por sexo, se encuentra que los efectos de la provisión de estos servicios públicos son mayores para los niños, resultado coherente con la literatura médica que señala una mayor fortaleza del sistema inmunológico de las niñas. Finalmente, se realiza un chequeo de robustez por causa de mortalidad específica, encontrando que solo las enfermedades de origen hídrico están relacionadas con estos efectos.

Abstract

This paper studies the role of aqueduct and sewerage public service coverage as protection mechanisms against extreme rainfall phenomena in Colombia from 1985 to 2018. Measuring these phenomena as the number of days per year in which a municipality suffered from droughts or heavy rains, the analysis finds that aqueduct and sewer coverage reduces the effect of droughts and extreme rainfall, respectively, on infant mortality rates. When differentiating mortality by sex, the effects are more considerable for boys, consistent with the medical literature that indicates a greater strength of girls' immune systems. Moreover, cause-specific mortality estimates reveal that only water-origin diseases are related to these effects.

1 Tesis de Maestría en Economía - Universidad de los Andes. Email: js.burgos671@uniandes.edu.co. Agradezco a mis asesores, profesor Rafael Santos y rector Alejandro Gaviria por su orientación y apoyo en la construcción de este documento. De igual manera, agradezco a Adriana Camacho y Diego Lucumí por sus comentarios y retroalimentación. Finalmente, quiero agradecer a Diana Ricciulli, María Teresa Ramírez, Javier Pérez, Gina Tambini, Andrea Rodríguez, Lucas Hahn y Andrés Dávila por su retroalimentación durante la construcción de este documento.

A Rafael,
Un profesor excepcional. Un gigante de corazón.
Gracias por enseñarnos a no abandonar las ansias de hacer de nuestras vidas algo extraordinario.

I. Introducción

La Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó en el año 2015 la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En esta, se establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para establecer nuevas metas económicas, sociales y ambientales. Dentro del ODS No. 3, se instaura el "poner fin a las muertes evitables de recién nacidos y de niños menores de 5 años, logrando que todos los países reduzcan la mortalidad neonatal al menos a 12 por cada 1.000 nacidos vivos y la mortalidad de los niños menores de 5 años al menos a 25 por cada 1.000 nacidos vivos" (Naciones Unidas, 2015, p. 18) para el año 2030.

En este sentido, uno de los países que ha realizado grandes esfuerzos en materia de salud pública para cumplir con los ODS es Colombia. Prueba de esto es la Tasa de Mortalidad Infantil[2] (TMI) que pasó de 35,1 niños por cada 1.000 nacidos vivos en 1990 a 14,2 en el año 2018. Sin embargo, es posible observar en el Cuadro 1 que, en relación con algunos países similares de la región, Colombia ha tenido la menor tasa de disminución de mortalidad infantil para el periodo 1990-2018.

Dentro de las principales causas, las enfermedades respiratorias representaron el 8,5% del total de las muertes en niños menores de 5 años, mientras las enfermedades infecciosas y parasitarias el 4,2%. No obstante, la preocupación remanente obedece a que estas enfermedades son prevenibles y, con el tratamiento adecuado, no implican consecuencias fatales. Ejemplo de ello, para un país desarrollado, es el caso de los Estados Unidos, donde el porcentaje de la mortalidad infantil para las enfermedades mencionadas en el año 2018 fue de 2,7% y 2,8% respectivamente (CDC, 2020)[3]. En consecuencia, resulta importante continuar con el estudio de la mortalidad infantil para poder determinar sus causas y los medios pertinentes para reducirla.

Cuadro 1.
Tasa de Mortalidad Infantil para Colombia y Países de la Región 1990-2018

País	1990	2018	Δ %
Colombia	35,1	14,2	-59,5
Argentina	28,6	9,8	-65,7
Brasil	62,9	14,4	-77,1
Chile	19,1	7,2	-62,3
México	45,3	14,7	-67,5
Perú	80,3	13,7	-82,9

Fuente: Banco Mundial. Cálculos propios.

Cutler, Deaton y Lleras-Muney (2006) hacen hincapié en las variables de ingreso, nutrición, medicina, hacinamiento urbano y salud pública como determinantes de la mortalidad, de acuerdo con lo observado en el Siglo XX cuando acontecieron las transiciones epidemiológicas a nivel global. No obstante, un factor que había sido ignorado durante décadas ha cobrado importancia amenazando gran parte de los logros alcanzados en materia de desarrollo económico y social: el cambio climático. El aumento en la temperatura media global en superficie (GMST[4]) de 0,87ºC entre 2006 y 2015, relativo al periodo 1850-1900, ha incrementado la frecuencia y magnitud de fenómenos tales como temperaturas extremas, precipitaciones fuertes y sequías en varias regiones del mundo, poniendo en riesgo la salud y el bienestar de las personas (IPCC, 2018).

En el presente documento se evalúa el efecto de los choques de precipitaciones sobre la mortalidad infantil en Colombia para el periodo 1985-2018. El objetivo principal es examinar si la provisión de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado actúa como mecanismo de mitigación de tales efectos. Para esto, la estrategia empírica se basa en la presunta aleatorie-

2 Niños menores de 5 años.
3 Cálculos del autor.
4 Global Mean Surface Temperature (IPCC, 2018)

dad de la variación en el nivel de lluvias diaria de cada municipalidad, condición que permite a la variable de choques de precipitaciones ser ortogonal a otros factores que también afectan la mortalidad.

Este análisis se lleva a cabo construyendo un panel de datos que contiene información precisa sobre mortalidad infantil, clima y cobertura de servicios públicos para las diferentes municipalidades de Colombia. La información de mortalidad se obtiene a partir de las Estadísticas Vitales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, los datos de precipitaciones se obtienen del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, y los datos sobre cobertura de servicios públicos fueron recolectados a partir de los cuatro Censos Nacionales de Población y Vivienda realizados entre 1985 y 2018.

Referente a los choques de precipitaciones, se ha generado un amplio debate entorno a sus efectos sobre la salud humana. La evidencia encontrada señala que el déficit de lluvias ha afectado negativamente indicadores de salud como la estatura de los niños y la mortalidad infantil en África (Hoddinott y Kinsey, 2001; Dos Santos y Henry, 2013). También se ha encontrado que las sequías pueden influenciar positivamente la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños menores de 5 años (Machado-Silva et al., 2020). En esta misma línea, se ha encontrado evidencia de un mejor desempeño en diferentes índices socioeconómicos de las mujeres cuando estuvieron expuestas a un nivel de lluvias más alto durante su infancia (Maccini y Yang, 2009).

Por otra parte, se ha advertido que las lluvias también pueden tener efectos nocivos sobre la salud humana. Brando y Santos (2015) afirman que el fenómeno ocurrido entre 2010 y 2011 de La Niña, caracterizado por un aumento de las precipitaciones en Colombia, afectó negativamente la estatura y el peso de los niños que estuvieron expuestos al choque en útero. Así mismo, se ha podido determinar que un alto nivel de lluvias está relacionado positivamente con la mortalidad en general (Ingole et al., 2012) y con la morbilidad por enfermedades respiratorias (Chew et al., 1998; Thongpan et al., 2020; Chan et al., 2002; Paynter et al., 2013). Finalmente, Watts et al., (2019) afirman que los fenómenos de precipitaciones extremas tienen consecuencias negativas para la salud y el bienestar de las personas, con las poblaciones de América del Sur y Asia Suroriental como las que experimentarán un mayor incremento de estos fenómenos en el largo plazo.

Los resultados de esta investigación señalan que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días con déficit de lluvias por año aumentará la mortalidad, en promedio, en 0,14 desviaciones estándar (83,4 niños cada 100.000) cuando el municipio cuenta con una cobertura de acueducto de 0%. No obstante, cuando el municipio cuenta con una cobertura de este servicio público del 100%, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días por año con déficit de lluvia sobre la mortalidad infantil es de -0,12 desviaciones estándar (68,6 niños cada 100.000). A su vez, se encuentra que el aumento en una desviación estándar en el número de días por año con lluvias intensas, cuando la municipalidad cuenta con una cobertura de alcantarillado del 0%, aumenta la mortalidad infantil en 0,06 desviaciones estándar (33,7 niños por cada 100.000). Sin embargo, cuando se cuenta con una cobertura del 100%, el efecto marginal del aumento señalado en el número de días por año con lluvias intensas sobre la mortalidad infantil es de -0,14 desviaciones estándar (86,1 niños cada 100.000). Ambas interacciones generan un mayor impacto sobre la mortalidad de los niños varones cuando el análisis se lleva a cabo a nivel de sexo.

El resultado de la provisión del servicio de acueducto como mitigador de los choques de precipitaciones obedece a que las personas mantienen hábitos de higiene y evitan el consumo de aguas estancadas o conservadas en depósitos antisépticos. Ambos canales han sido relacionados con la propagación de virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos causantes de enfermedades infecciosas intestinales y respiratorias (Galiani, Gertler y Schargrodsky, 2005; Cutler y Miller, 2005; Organización Mundial de la Salud, 2006; Alsan y

Golding, 2019). Por su parte, el servicio de alcantarillado ayuda a eliminar concentraciones de aguas lluvias que, a su vez, generan un aumento de la humedad ambiental, relacionada con la proliferación de enfermedades respiratorias (Yusuf et al., 2007; Barreca, 2012).

Es importante resaltar que estos resultados superaron diversas pruebas de robustez. Dentro de la estimación fueron incluidas las interacciones entre los choques de precipitaciones y los servicios públicos que intuitivamente no tienen efectos sobre la mortalidad para determinar si efectivamente esto sucede. Asimismo, la TMI fue estudiada por causas, esperando encontrar efectos de mitigación estadísticamente significativos en las enfermedades relacionadas con el agua y las lluvias. Por último, los efectos de mitigación de los servicios públicos fueron evaluados en especificaciones que tenían en cuenta diferentes magnitudes e intensidades de los choques.

Los hallazgos presentados en este documento aportan a la literatura en tres líneas diferentes. El más importante se da respecto al estudio de los efectos positivos de la provisión de servicios públicos de acueducto y alcantarillado sobre la salud (Galiani, Gertler y Schargrodsky, 2005; Cutler y Miller, 2005; Organización Mundial de la Salud, 2006; Alsan y Golding, 2019; Jaramillo et al., 2019). En este sentido, contribuye con la literatura económica que busca soluciones para aminorar los efectos del cambio climático en la salud de las personas siendo este el primer documento, bajo el conocimiento del autor, que analiza el efecto de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado ante choques de precipitaciones sobre la mortalidad infantil. Anteriormente, la relación entre mortalidad, cambio climático y servicios públicos solo se había estudiado evaluando el consumo de energía eléctrica ante choques de temperatura (Deschênes y Greenstone, 2011). Por otra parte, reúne nueva evidencia de los efectos generados por choques de precipitaciones sobre la mortalidad en Colombia. Finalmente, adhiere a la literatura de género que ha encontrado una mayor vulnerabilidad de los niños menores de 5 años relativa a las niñas (Kraemer, 2000; Vlassoff, 2007; Organización Mundial de la Salud, 2007; Zarulli, 2017; Yang et al., 2018; Mauvais-Jarvis et al., 2020).

Este documento continuará con la Sección II, donde se expone el contexto de la mortalidad infantil, las lluvias y los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia. La Sección III presenta la metodología utilizada en esta investigación. La Sección IV los datos. La Sección V presenta los resultados principales, mientras la Sección VI muestra los distintos ejercicios de robustez realizados para sustentarlos. La Sección VII presenta una discusión sobre los resultados encontrados. Finalmente, la Sección VIII concluye.

II. Mortalidad Infantil, Lluvias y Servicios Públicos en Colombia

A. Mortalidad Infantil

Colombia experimentó una rápida transición epidemiológica durante la segunda mitad del Siglo XX que estuvo acompañada por una disminución significativa en la mortalidad infantil. Para la década de 1950, cuando eran comunes las enfermedades infecciosas y perinatales, cerca de la mitad del total de muertes en el país correspondían a niños menores de 5 años (Flórez, 2000). En contraste, durante el 2018 las muertes de niños menores de 5 años representaron el 3,8% del total nacional.

Teniendo en cuenta el periodo analizado en este documento, el Cuadro 2 presenta la distribución de la mortalidad infantil para los años 1985 y 2018 por causas. Aparte de las defunciones por afecciones en el periodo perinatal, las principales causas de mortalidad en 1985 fueron las enfermedades del aparato respiratorio, con 18,6% de las muertes, y las enfermedades infecciosas y parasitarias que representaron el 16,2% y continuaron en el 2018 con una carga del 8,5% y 4,2% del total de las muertes, respectivamente.

Cuadro 2.
Muertes Infantiles en Colombia por Causa

Causa de Muerte	1985 (%)	2018 (%)
Enfermedades Infecciosas y Parasitarias	16,2	4,2
Neoplasias	1,1	2,0
Enfermedades de la Sangre	0,7	0,6
Diabetes	0,0	0,0
Enfermedades del Aparato Circulatorio	1,9	1,4
Enfermedades del Aparato Respiratorio	18,6	8,5

Nota: todos los porcentajes son proporciones del total de defunciones.
Fuente: Estadísticas Vitales - DANE. Cálculos propios.

En este punto es preciso aclarar que las enfermedades infecciosas y parasitarias analizadas en este documento reúnen las clasificadas en la lista CIE-10[5] como enfermedades infecciosas intestinales, helmintiasis, toxoplasmosis, afecciones virales por priones del sistema nervioso central y hepatitis virales, enfermedades con posible origen hídrico de acuerdo con los Manuales de Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (2006), pues dentro del total de enfermedades infecciosas y parasitarias están clasificadas enfermedades como, por ejemplo, la generada por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) o la tuberculosis generada por la *Mycobacterium Tuberculosis*, entre otras, que no se transmiten por el agua.

Si bien las mejoras en materia de salubridad y nutrición ayudaron a reducir la mortalidad infantil por estas causas (Gaviria, 2010; Jaramillo, Meisel y Ramírez, 2018), los resultados presentados son indicio de una alta prevalencia ocasionada por factores diferentes a estas variables y, en general, al desarrollo económico que ha tenido el país durante las últimas décadas.

B. Lluvias y Sequías

La ubicación geográfica de Colombia, cercana a la región Niño 3-4 en el Océano Pacífico, hace que su territorio se vea expuesto a choques climáticos, especialmente de precipitaciones, pues los cambios en la temperatura del Océano Pacífico en esa zona desencadenan disminuciones o aumentos en los niveles de lluvias que, en sus versiones más extremas, pueden convertirse en fenómenos de El Niño y La Niña[6], respectivamente.

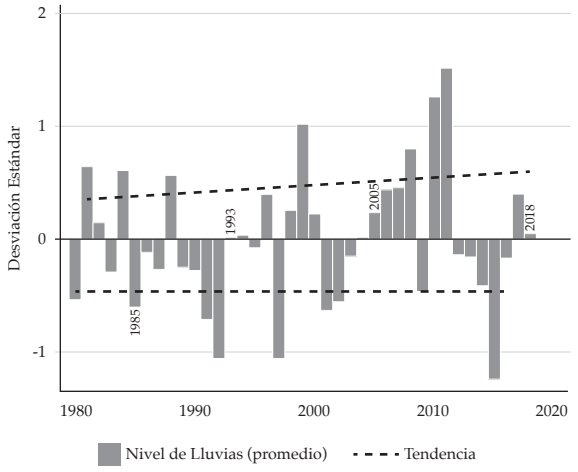
Watts et al., (2019) afirman que las poblaciones de América del Sur están entre las que más experimentarán un aumento en los choques de precipitaciones. Por su parte, Caicedo, Gaviria y Moreno (2011) y Calderón y Sánchez (2015) encontraron que las lluvias fuertes tienen una tendencia creciente en el tiempo para Colombia. Así mismo, las autoridades colombianas han determinado que los fenómenos más recientes de La Niña, entre el 2010 y 2011, y de El Niño, entre 2015

5 Clasificación Internacional de Enfermedades, décima edición, realizada por la Organización Mundial de la Salud.

6 El Niño se produce cuando hay un aumento en la temperatura del agua superficial del Océano Pacífico en la región mencionada y La Niña cuando sucede el efecto contrario, provocando en Colombia una disminución o aumento en el nivel de lluvias, respectivamente (Alonso, 2014).

y 2016, están dentro de los más fuertes de la historia, no solo por su impacto económico y social, sino también por sus orígenes climatológicos (Euscátegui et al., 2011; IDEAM, 2016). En este sentido, el Gráfico 1 presenta un histórico anual del nivel de lluvias estandarizado para el periodo 1980-2018, donde se evidencia una tendencia creciente en la magnitud los choques de precipitaciones, especialmente para los positivos.

Gráfico 1
Nivel de Lluvias Estandarizado por Año en Colombia



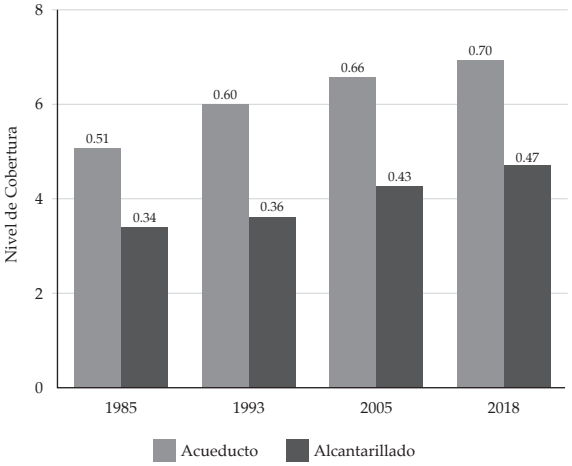
Fuente: IDEAM. Cálculos propios.

C. Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado

Durante la segunda mitad del Siglo XX, la intervención del Estado fue fundamental para aumentar las coberturas y la calidad de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia. El incremento en el acceso a estos servicios se ha relacionado con la disminución de la mortalidad, particularmente en los niños menores de 5 años, pues este segmento de la población presenta una mayor susceptibilidad ante las enfermedades infecciosas y virales de origen hídrico (Galiani et al., 2005; Granados y Sánchez, 2014; Sánchez y Vega, 2014; Jaramillo et al., 2018). El Gráfico 2 presenta la evolución de la cobertura municipal de ambos servicios públicos en Colombia para el periodo estudiado[7].

Si bien es cierto que la calidad del agua es objeto de debate en Colombia (Domínguez y Uribe, 2005; Montenegro, 2020), el poder acceder a ella permite mantener hábitos de higiene y así facilitar la eliminación de virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos causantes de enfermedades infecciosas y respiratorias. Por su parte, el alcantarillado permite la eliminación de aguas lluvias para evitar la proliferación de enfermedades respiratorias y mejorar las condiciones de salubridad en las ciudades.

Gráfico 2.
Evolución de los Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado en Colombia



Fuente: Censos Nacionales de Pobación y Vivienda - DANE. Cálculos propios.

7 El nivel de cobertura de cada servicio presentado en el Gráfico 2 corresponde al promedio de cobertura del total de 888 municipios utilizados en este documento. La cobertura se obtiene a partir del total de viviendas ocupadas por municipio que cuenta con el servicio público sobre el total de viviendas ocupadas del municipio. La cobertura nacional, tradicionalmente presentada por el DANE, presenta el total de viviendas ocupadas nacional que cuenta con el servicio, sobre el total de viviendas ocupadas del país. En este caso, las ciudades más grandes, que a su vez cuentan con una mayor cantidad de viviendas con acceso a estos servicios, presionan al alza el nivel de cobertura promedio y por eso es mucho mayor que el presentado para cada uno de los cuatro años en este documento.

III. Metodología

Para poder evaluar si los servicios públicos mencionados mitigan los efectos de los choques de precipitaciones, se construye la siguiente ecuación:

$$TMI_{i,t} = \beta_1 Prec_{pos_{i,t}} + \beta_2 Prec_{neg_{i,t}} + \beta_3 Acued_{i,t} + \beta_4 Alcant_{i,t} + \beta_5 (Prec_{pos_{i,t}} * Alcant_{i,t}) + \beta_6 (Prec_{neg_{i,t}} * Acued_{i,t}) + (\lambda \boldsymbol{X}_{i,t} + y_i + y_t + \varepsilon_{i,t}) \quad (1)$$

Donde $TMI_{i,t}$ es la tasa de mortalidad infantil de la municipalidad i en el año t. $Prec_{pos_{i,t}}$ representa el número de días en el año t que la municipalidad i tuvo niveles de precipitaciones 1 desviación estándar por encima de la media histórica municipal de lluvias; a su vez, $Prec_{neg_{i,t}}$ representa el número de días en el año t que la municipalidad i sufrió niveles de precipitaciones 1 desviación estándar por debajo de la media histórica municipal. Aunque sus consecuencias reales sean diferentes, los choques se analizan en una misma ecuación porque una municipalidad pudo haber sido afectada tanto por choques positivos como por choques negativos en un mismo año.

$Acued_{i,t}$ y $Alcant_{i,t}$ son los niveles de cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado, respectivamente. De acuerdo con la intuición presentada en secciones anteriores, se incluye la interacción de los choques positivos con el alcantarillado esperando que este servicio mitigue los efectos de los primeros sobre la mortalidad infantil. De igual manera, se espera que el acueducto aminore los efectos de los choques negativos. La ecuación también incluye los términos y_i y y_t como efectos fijos de municipio y tiempo. El primero, permite controlar por variables observables y no observables que son constantes en el tiempo como la distancia a la capital departamental, la distancia a fuentes de agua, la idiosincrasia de los individuos pertenecientes a cada municipalidad, la altura respecto al nivel del mar y la composición del suelo, factores que pueden afectar la salud de los niños. Por su parte, los efectos fijos de año permiten controlar por eventos que han ocurrido a través del periodo analizado y que son comunes a todos los municipios como, por ejemplo, la descentralización de la prestación de los servicios públicos domiciliarios promulgada mediante la Ley 60 de 1993.

La unidad de tiempo que se tiene para la construcción del panel es por año como consecuencia de la base principal de la mayoría de las variables utilizadas que son los censos nacionales de población y vivienda. De esta manera, es menester poder homologar las variables de defunciones y precipitaciones a esta unidad de tiempo. Si bien se puede perder precisión en la relación entre las causas de las muertes y los niveles de lluvias al pasarlas de una medición diaria a anual, la forma en como estas variables son utilizadas en este estudio se convierte en una de las más convenientes en la que pueden relacionarse con las demás variables analizadas en el estudio. Además, otra manera de incorporar las lluvias al modelo podría ser como un promedio anual, pero de esta forma no podría observarse la ocurrencia de sucesos de sequías y lluvias intensas para un mismo año en un mismo municipio, algo que sucede frecuentemente en las entidades territoriales de segundo orden colombianas como se puede observar en la sección de Datos en los Gráficos 3 y 4.

El término $\boldsymbol{X}_{i,t}$ incluye como variables de control a nivel municipal la población (ln), gasto de inversión pública municipal (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. Estas variables, aunque endógenas, permiten controlar por el número de habitantes para evitar que se confunda la estimación con el crecimiento de esta variable año tras año; la inversión en promoción en salud e infraestructura pública; el conocimiento y experiencia sobre hábitos de higiene y tratamiento de enfermedades; las condiciones de vida de las personas, pues el hacinamiento juega un factor crucial en la reproducción y contagio por virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos causantes de enfermedades respiratorias e infecciosas y parasitarias; finalmente, el porcentaje de viviendas

en el sector rural permite controlar por la desigualdad en la prestación y acceso a servicios públicos del municipio, que es bastante dispar entre la cabecera urbana y el resto. Deschênes et al., (2011) y Andalón et al., (2016) encuentran efectos de choques de temperatura sobre la mortalidad controlando por el nivel de lluvias. Por esta razón, se realizará una estimación incluyendo la temperatura diaria como variable de control. Sin embargo, Deschênes et al., (2011) encuentran que incluir otra variable climática no resulta trascendente en la estimación. Esto será demostrado más adelante para el ejercicio propuesto.

Ahora bien, esta estrategia empírica puede presentar problemas. Siguiendo la argumentación de Galiani et al., (2005), el término de error $\varepsilon_{i,t}$ se asume es independientemente a de todos los y_i y y_t, empero, estos errores $\varepsilon_{i,t}$ pueden estar correlacionados en el tiempo y el espacio. La persistencia de factores epidemiológicos regionales puede inducir a una correlación en el tiempo a nivel municipal. Así mismo, factores epidemiológicos presentes en un área pueden afectar a las municipalidades vecinas, produciendo así una correlación de los errores en la dimensión de corte transversal del panel. En consecuencia, para evitar estos problemas de medición se calculan errores estándar por clústeres a nivel de municipio.

La validez de este ejercicio depende del supuesto que la estimación de la ecuación (1) producirá estimadores insesgados β_1 y β_2. Esto es factible dado que la variación del clima es impredecible y, en consecuencia, no es posible pronosticar el número de días en que una municipalidad sufrirá choques de precipitaciones en un año determinado. Por tanto, se puede asumir que la variable de choques de precipitaciones es ortogonal a otros factores no observables que también afectan la mortalidad infantil en Colombia.

Sin embargo, el punto más importante a discutir sobre la estrategia empírica propuesta es si las estimaciones de los coeficientes β_5 y β_6 que acompañan a las interacciones son exógenas. Esto será posible teniendo en cuenta la aleatoriedad en el número de días por año que presentaron choques de precipitaciones. Siguiendo el argumento de Nizalova y Murtazashvili (2016), el carácter endógeno de las coberturas de acueducto y alcantarillado desaparece al interactuar con la variable aleatoria de choques de precipitaciones de acuerdo con los siguientes argumentos.

En primer lugar, la tasa de cobertura de los servicios públicos analizados no tiene ninguna incidencia en el nivel de lluvias del municipio y, a su vez, la intensidad aleatoria de las lluvias de cada municipio no tiene relación con el aumento de las tasas de cobertura efectiva que, para el caso colombiano, obedecen principalmente a la riqueza del municipio, de la nación y a la voluntad política para la construcción de este tipo de infraestructura en el momento *t*. Es importante resaltar que las inversiones en infraestructura de servicios públicos municipales en Colombia se planifican y ejecutan por medio de presupuestos municipales promulgados cada año. Dada la restricción presupuestal que enfrenta cada uno de los municipios, los planes de desarrollo no involucran un rubro destinado a posibles eventos o catástrofes climáticas, pues no es posible predecirlos con certeza. En este sentido, ante eventos climáticos extremos en *t*, la planeación de inversión en infraestructura puede realizarse en *t*, pero la provisión efectiva se da en *t+1*. De esta manera, las interacciones propuestas se pueden asumir como exógenas y sus estimadores de MCO serán consistentes.

IV. Datos

Con el fin de implementar este análisis y entender cómo los choques de precipitaciones afectan la mortalidad infantil en Colombia, se recolectó la información disponible en el país referente a defunciones, clima, cobertura de servicios públicos de acueducto y alcantarillado, y los controles mencionados en la sección anterior, para cada municipalidad.

La variable principal, tasa de mortalidad infantil, fue construida a partir de las bases de datos de

Estadísticas Vitales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. Estas bases contienen la información correspondiente al registro de las muertes en Colombia por municipalidad de residencia del fallecido, así como también por causa básica, edad y género. La confiabilidad en estas bases, disponibles desde 1979, se debe a que históricamente el DANE ha recolectado esta información basándose en los certificados de defunción[8] recolectados en las diferentes municipalidades (DANE, 2009).

A partir de 1997 Colombia, como miembro de la Organización Mundial de la Salud, adoptó la Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas relacionados con la Salud (CIE) en su décima versión (DANE, 2011). Esto pudo haber traído complicaciones en la homologación con las defunciones de años anteriores, clasificadas a partir de la lista CIE-9, porque no se hizo una diferenciación de las causas por lesiones e intoxicaciones externas en el registro de los datos. Por esta razón, en el presente documento no se tendrá en cuenta la mortalidad por estas causas, aunque es probable que las lluvias fuertes puedan tener alguna relación con ellas. Además, al concentrar el análisis en los niños menores de 5 años su inclusión no es relevante porque la mayoría están relacionadas directamente con actividades o profesiones que, en general, las personas de esa edad no realizan, obteniendo así resultados más limpios sobre la mortalidad en el periodo estudiado.

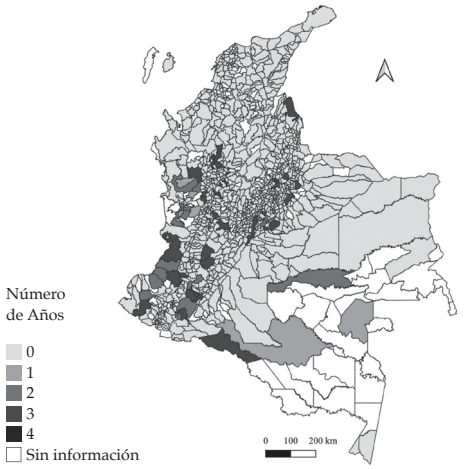
Es importante señalar que al realizar la homologación de las enfermedades estudiadas en este documento se utilizó la causa básica de defunción, entendida como la enfermedad o lesión que inició la cadena de acontecimientos patológicos que condujeron a la muerte. El DANE utiliza esta referencia para producir las estadísticas de mortalidad en el país (DANE, 2009).

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, es el encargado de recolectar los datos de lluvias y temperatura a nivel nacional. Las bases de datos de esta entidad permiten obtener el nivel de lluvia diario por entidad territorial desde inicios del Siglo XX. Ahora bien, dado que algunas municipalidades cuentan con más de una estación pluviométrica o climática, se realizó un promedio simple entre los datos recolectados por las diferentes estaciones para obtener una sola medida del nivel de precipitaciones diario. Una vez consolidada esta información, se construyó el promedio histórico en el nivel de lluvias diario de cada municipalidad, así como la desviación estándar. Finalmente, el dato de lluvias de cada día fue estandarizado y se tuvo en cuenta si estuvo una desviación estándar o más por encima o por debajo respecto de la media histórica para construir una variable continua que presenta el número de días por año con choques de precipitaciones por municipalidad.

En el Gráfico 3 es posible observar los municipios dentro de la muestra que sufrieron al menos un día con choques de precipitaciones negativos para 1, 2, 3 o los cuatro años contenidos en el panel. A su vez, el Gráfico 4 presenta los municipios con choques positivos. Como se mencionó en secciones anteriores, estos gráficos prueban que Colombia es un país propenso a sufrir lluvias intensas. Sin embargo, lo preocupante de los datos estudiados es el incremento en el número de municipalidades que sufrieron choques de precipitaciones. Respecto de los choques negativos, en 1985 solo 46 municipalidades de la muestra sufrieron de al menos un día de este fenómeno. Sin embargo, en 2018 esta cifra aumento un 26,1%, es decir que 58 sufrieron de al menos un día con choques negativos de precipitaciones. Ahora bien, en el año de 1985, 660 municipalidades sufrieron de al menos un día con choques positivos de precipitaciones. Para el año 2018, esta cifra aumento en un 18,5%, con un total de 782 que experimentaron de estos fenómenos climáticos.

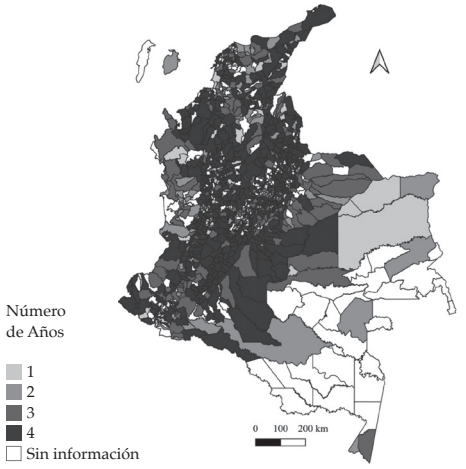
8 En la página web del DANE es posible encontrar el Certificado Individual de Defunción para el periodo 1979-1996, prueba del registro de las defunciones por parte de esta entidad desde antes de 1998. Ver: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/defunciones/CIND_DEF_1979_1997.pdf, consultado el 10 de marzo de 2020.

Gráfico 3.
Municipalidades con Choques de Precipitaciones Negativos



Fuente: IDEAM. Cálculos propios.

Gráfico 4.
Municipalidades con Choques de Precipitaciones Positivos



Fuente: IDEAM. Cálculos propios.

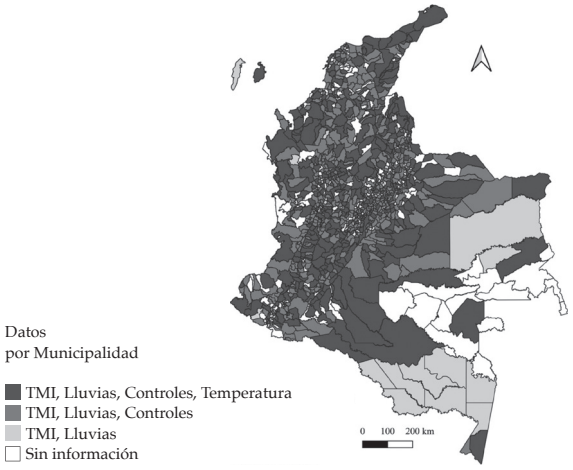
La diversidad geográfica del territorio colombiano no permite tener un nivel de lluvias homogéneo a nivel nacional, por esta razón se construyó la variable para cada municipalidad respecto de su media histórica. Esta media se construyó desde la década de 1980 porque a partir de este año el comportamiento del número de estaciones pluviométricas que cuentan con información se mantuvo relativamente constante hasta el 2018.

De otra parte, respecto de las bases de datos del IDEAM, vale la pena mencionar que los datos recolectados no son iguales en número para lluvias y temperatura. La red pluviométrica, encargada de medir los datos de precipitaciones en Colombia, es la de mayor cubrimiento a nivel nacional (IDEAM, 2016). Estas estaciones no prestan el servicio de recolección de datos de temperatura, pues esta función es realizada por las estaciones climatológicas que, por el contrario, sí recogen datos de precipitaciones. Por consiguiente, cuando se utiliza esta variable como control, el número de municipios analizados dentro de la muestra disminuye significativamente y por eso se incluye en una especificación adicional para evitar sesgo de selección en los resultados principales. En el Gráfico 5 se pueden observar las municipalidades incluidas en la muestra, donde 888 cuentan con datos de mortalidad, lluvias y controles, y solo 385 con lo anterior más datos de temperatura.

La cobertura de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado se obtuvo a partir de la información contenida en los Censos Nacionales de Población y Vivienda realizados en los años 1985, 1993, 2005 y 2018. Para construir ambas variables, se tuvo en cuenta el número de viviendas ocupadas que contaban con el servicio público por cada municipio, sobre el total de viviendas de este. De igual forma, a partir de la información contenida en los censos y las bases de datos del DANE, se construyeron las variables a nivel municipal de población (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. Finalmente, a partir de la base de ejecuciones presupuestales publicada por el Departamento Nacional de Planeación – DNP, se construyó la variable de gasto de inversión pública municipal (ln).

Con la información mencionada, se construyó un panel de datos para 888 municipalidades del país, en el periodo 1985-2018. De igual manera, es importante señalar que este documento se enfoca en la tasa de mortalidad infantil por dos razones. La primera, porque los niños menores de 5 años son más susceptibles de padecer enfermedades infecciosas al tener un sistema inmunológico inmaduro y un menor conocimiento sobre cómo evitar las enfermedades (Galiani et al., 2005). La segunda, porque permite obtener un efecto más limpio de los choques de precipitaciones sobre la mortalidad cuando se evalúa a nivel de sexo, porque en estas edades posiblemente los roles de género no son tan influyentes como las dotaciones iniciales de salud (sistema inmunológico) sobre la mortalidad (Kraemer, 2000; Vlassoff, 2007; Organización Mundial de la Salud, 2007; Zarulli, 2017; Yang et al., 2018; Mauvais-Jarvis et al., 2020).

Gráfico 5.
Municipalidades con Información Disponible



La tasa de mortalidad infantil está construida a partir del total de la población menor de 5 años de cada municipalidad porque la información de nacimientos para Colombia no fue recolectada directamente por el DANE sino hasta 1998, cuando entró en vigor el Sistema de Registro Civil y Estadísticas Vitales. Antes de ese año, la información no resulta del todo confiable porque gran parte era recolectada por alcaldías, notarías y parroquias (DANE, 2009). De este modo, no es posible obtener una tasa de mortalidad infantil por nacidos vivos, pero si por el total de niños menores de 5 años para cada municipalidad.

El Cuadro 3, presenta algunas estadísticas descriptivas de las variables principales para el ejercicio propuesto en este documento.

Como se puede observar, en Colombia es más frecuente experimentar choques de precipitaciones positivos. No obstante, hay municipios que pueden experimentar déficits de lluvias durante el equivalente a más de dos meses por año. Esto puede significar una menor capacidad de acceder al agua que, a su vez, será de menor calidad al estancarse o almacenarse en depósitos antisépticos, traduciéndose en menores niveles de higiene y mayor propensión a sufrir de enfermedades infecciosas y víricas.

Es posible observar que hay un rango bastante amplio en la tasa de mortalidad infantil. El cero (0) supone un no fallecimiento de niños menores de 5 años por municipalidad. Sin embargo, es importante mencionar que pudo presentarse un sub-reporte en estas cifras. Por este motivo, en la siguiente sección se presentará una estimación teniendo en cuenta únicamente los dos años más recientes (2005 y 2018), donde se asume, por la mejora en el sistema de recolección de datos de defunciones, que el sub-reporte no es representativo. Por otra parte, como se mencionó en secciones anteriores, es posible observar que para el periodo estudiado las enfermedades respiratorias representaron una carga importante con un promedio del 13,7% de las muertes infantiles y, a su vez, las enfermedades infecciosas y parasitarias con el 9%.

Finalmente, las cifras relacionadas con la cobertura de acueducto y alcantarillado presentadas en el Cuadro 3 están relacionadas con los cambios en el marco normativo de la prestación de servicios públicos domiciliarios en Colombia establecidos en la década de 1990. Ejemplo de lo anterior es la Ley 60 de 1993, que determinó la descentralización en la prestación de los

Cuadro 3.
Estadísticas Descriptivas

Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Tasa de Mortalidad Infantil Total[9] (cada 100.000)	380,9	602,8	0	18.868
Tasa de Mortalidad Infantil Niñas (cada 100.000)	372,8	591,8	0	19.231
Tasa de Mortalidad Infantil Niños (cada 100.000)	391,2	677,1	0	18.519
Tasa de Mortalidad Infantil Enfermedades Infecciosas y Parasitarias (cada 100.000)	34,1	101,6	0	1.970
Tasa de Mortalidad Infantil Enfermedades Respiratorias (cada 100.000)	52,1	126,2	0	1.887
Días con Choques de Precipitación por Año (+1 desviación estándar)	40,1	12,5	0	119
Días con Choques de Precipitación por Año (–1 desviación estándar)	0,3	3,2	0	76
Cobertura de Acueducto (%)	62,1	23,8	0	100
Cobertura de Alcantarillado (%)	40,4	25,8	0	99,4

Fuente: DANE, IDEAM, DNP. Cálculos propios.

servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, y obligó a las municipalidades a asegurar su provisión. Así mismo, la Ley 142 de 1994 creó un marco regulatorio donde el gobierno central era el responsable de planear, vigilar y controlar la prestación de los servicios (Granados y Sánchez, 2014). Este nuevo marco regulatorio, sumado al desarrollo económico presenciado durante las últimas décadas en el país, permitió alcanzar niveles de coberturas más altos en la actualidad. Por esta razón, dentro del panel construido se tienen niveles promedio relativamente bajos (consecuencia de las cifras de 1985 y 1993), empero, los niveles máximos alcanzan valores cercanos al 100%.

V. Resultados Principales

Esta sección presenta los resultados de la estimación de la ecuación (1), teniendo en cuenta que en este ejercicio se propone el acceso a acueducto y alcantarillado como mecanismo de protección ante fenómenos de precipitaciones extremas.

El Cuadro 4 presenta los principales resultados de la estimación de la ecuación (1) para la tasa de mortalidad infantil total y las tasas de mortalidad por sexo. El servicio de acueducto interactúa con los choques de precipitaciones negativos pues se espera que el suministro de agua aminore el efecto de este último. Por su parte, se espera que el alcantarillado disminuya el efecto de los choques positivos porque puede ayudar a evacuar el exceso de aguas lluvias en el suelo, reduciendo la exposición al ser humano. Las columnas I, III

9 Niños menores de 5 años por cada 100.000 niños menores de 5 años.

y V presentan la estimación sin controles para la TMI total, TMI de niñas y TMI de niños, respectivamente, mientras que en las columnas II, IV y VI se utilizan los propuestos en secciones anteriores. Los errores estándar robustos por clúster de municipio se presentan en paréntesis.

Cuadro 4.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	28,87***	26,44***	12,92***	10,66***	43,94***	41,32***
	(3,256)	(4,892)	(2,394)	(3,596)	(4,705)	(6,54)
Cobertura Acueducto	223,7	-63,67	206,5	-58,45	238,8	-70,37
	(159,9)	(165,6)	(137,2)	(169,8)	(192,9)	(172,9)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-55,42***	-48,10***	-32,11***	-25,32***	-77,65***	-69,77***
	(10,15)	(8,143)	(7,979)	(6,397)	(12,78)	(10,63)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	4,015**	2,685*	3,233**	2,011	4,801**	3,368*
	(1,772)	(1,574)	(1,616)	(1,522)	(2,197)	(1,94)
Cobertura Alcantarillado	876,6***	416,6	764,1***	358,9	1,011***	498,8
	(305,8)	(391)	(280,3)	(415,5)	(343,8)	(374,8)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-10,77***	-9,599***	-9,023***	-7,918***	-12,45***	-11,21***
	(3,113)	(2,98)	(2,865)	(2,756)	(3,841)	(3,701)
Controles	-	✓	-	✓	-	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888	888	888	888
R2	0,18	0,24	0,15	0,20	0,18	0,24

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

Los resultados presentados señalan que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días con déficit de lluvias por año aumentará la mortalidad, en promedio, en 0,14 desviaciones estándar (83,4 niños cada 100.000) cuando el municipio cuenta con una cobertura de acueducto de 0%. No obstante, cuando el municipio cuenta con una cobertura de este servicio público del 100%, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días por año con déficit de lluvia sobre la mortalidad infantil es de -0,12 desviaciones estándar (68,6 niños menos cada 100.000). Esto representa que el rango entre no contar con cobertura y contar con cobertura completa de acueducto significó una variación de la mortalidad infantil de 0,26 desviaciones estándar para el periodo de estudio.

A su vez, se encuentra que el aumento en una desviación estándar en el número de días por año con lluvias intensas, cuando la municipalidad cuenta con una cobertura de alcantarillado del 0%, aumenta la mortalidad infantil en 0,06 desviaciones estándar (33,7 niños por cada 100.000). Sin embargo, cuando se cuenta con una cobertura del 100%, el efecto marginal del aumento señalado en el número de días por año con lluvias intensas sobre la mortalidad infantil es de -0,14 desviaciones estándar (86,1 niños cada 100.000). En este caso, el rango entre no contar con cobertura y contar con cobertura completa de alcantarillado representó una variación de la mortalidad infantil de 0,20 desviaciones estándar para el periodo de estudio.

Cuando se analiza la mortalidad infantil a nivel de sexo, se encuentra que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar en el número de días por año con choques negativos de precipitaciones, cuando no se cuenta con acueducto, representa un aumento en la mortalidad de las niñas de 0,06 d.e., mientras que para los niños es de 0,19 d.e. De otra parte, cuando se cuenta con 100% de cobertura de acueducto, el efecto marginal para las niñas es de -0,08 d.e. y para los niños de -0,13 d.e. Por otra parte, es posible observar que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar en el número de días por año con choques positivos de precipitaciones, cuando la cobertura de alcantarillado municipal es de 0%, no es estadísticamente significativo para las niñas, pero para los niños es de un aumento en la mortalidad de 0,06 d.e. No obstante, el efecto marginal de contar con una cobertura del 100% de alcantarillado bajo este escenario en la mortalidad de las niñas es de -0,17 d.e. y de los niños de -0,14 d.e.

Los efectos encontrados a nivel de sexo pueden obedecer a un sistema inmunológico menos desarrollado de los niños. Al exponerse a fenómenos de precipitaciones extremos, la mortalidad de los varones se ve más afectada y, del mismo modo, al recibir una ayuda externa (en este caso los servicios públicos) el organismo de los niños responde con un efecto mayor, en promedio, en comparación con las niñas. Esto puede observarse en el rango de los efectos marginales dada la variación en las coberturas. En esta línea argumentativa, la literatura médica ha señalado que la madurez de una niña recién nacida es comparable con la de un niño que tiene entre 4 y 6 semanas de nacido (Kraemer, 2000). En esta misma línea, se ha establecido que el cromosoma X es el mayor responsable del desarrollo del sistema inmunológico, por tanto, la probabilidad de desarrollar un mejor sistema es más alta en las niñas pues cuentan con el doble de estos cromosomas que los niños. De otra parte, el cromosoma encargado del desarrollo testicular (SRY) puede disminuir la velocidad de maduración y desarrollo de los niños (Mauvais-Jarvis et al., 2020).

VI. Ejercicios de Robustez

En esta sección, se pretende extender el análisis proponiendo diferentes especificaciones que examinan la mortalidad infantil en Colombia por causas, así como variaciones en la magnitud de intensidad de los choques para determinar si los resultados presentados en el Cuadro 4 son razonables. También se propone una especificación incluyendo como control adicional la temperatura municipal y, finalmente, otra donde solo

se incluye la información para los años 2005 y 2018, con motivo del cambio en la metodología del DANE en 1998 para medir las estadísticas vitales.

A. Efectos por Causa de Mortalidad.

Hasta este punto, los resultados han sido robustos a la inclusión de varios controles de orden económico y social. Sin embargo, dejan abierta la posibilidad de que los servicios públicos *per se* no sean los únicos que mitiguen los efectos de los choques de precipitaciones sobre la mortalidad, pues no tienen en cuenta factores como, por ejemplo, mejoras en el sistema y promoción en salud, programas de guarderías y alimentación infantil impulsados por el gobierno, que disminuyan la exposición de los niños a los fenómenos de precipitaciones extremos, afectando directamente su salud.

A fin de aislar el efecto de los servicios públicos de los factores no observables relacionados con la salud y cuidado infantil, se examinará la tasa de mortalidad por diferentes causas. En virtud de la relación que tienen, tanto los choques de precipitaciones como los servicios públicos de acueducto y alcantarillado con el agua, es probable que las enfermedades infecciosas, parasitarias y respiratorias sean las más afectadas por las interacciones propuestas. De igual manera, se espera que la tasa de mortalidad infantil por causas no relacionadas directamente con el agua y las precipitaciones no se vea estadísticamente afectada.

Los resultados del Cuadro 5 fueron obtenidos a partir de la ecuación (1) incluyendo todo el conjunto de controles económicos y sociales propuestos anteriormente. De acuerdo con lo esperado, se encuentran resultados estadísticamente significativos para las enfermedades infecciosas intestinales y las enfermedades respiratorias. Estos efectos señalan que el aumento en una desviación estándar del número de días por año con choques negativos de precipitaciones, cuando se cuenta con una cobertura de acueducto del 0%, provocará un aumento en la mortalidad infantil por enfermedades infecciosas y parasitarias en 0,10 d.e. y de 0,24 d.e. por enfermedades respiratorias. Por el contrario, cuando la cobertura es del 100%, el efecto marginal será de -0,001 d.e. y -0,17 d.e. respectivamente. De otra parte, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar en el número de días por año con choques positivos de precipitaciones es de 0,07 d.e. sobre la mortalidad infantil por enfermedades respiratorias, cuando la cobertura de alcantarillado es nula. Por el contrario, cuando la cobertura de este servicio es del 100%, el efecto marginal sobre la mortalidad infantil por enfermedades respiratorias es de -0,08 d.e. Al margen de estos resultados, la ausencia de significancia para la mortalidad por enfermedades no relacionadas directamente con el agua o las precipitaciones, lo que comprueba la intuición propuesta al inicio de este documento.

B. Efecto de Incluir las Interacciones Cruzadas.

Ahora bien, la especificación de la ecuación (1) permite pensar que podría omitirse el efecto de las interacciones faltantes, es decir, el acueducto con los choques positivos y el alcantarillado con los negativos. Jaramillo et al., (2018) encuentran una complementariedad entre los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Por ende, si estas nuevas interacciones tienen algún efecto sobre la mortalidad infantil, los resultados del Cuadro 4 estarían afectados por sesgo de variable omitida.

Cuadro 5.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI por Causa

	Tasa de Mortalidad Infantil por Causa						
	Infecciosas Intestinales	Respiratorias	Neoplasias	Hematopoyéticas	Diabetes	Cardiovasculares	Malformaciones Congénitas
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	3,285***	9,565***	0,5	0,134	-0,00106	-0,178	0,354
	(1,066)	(1,793)	(0,361)	(0,146)	(0,00317)	(0,205)	(0,573)
Cobertura Acueducto	-45,99**	-35,7	0,3	3,94	0,012	-7,891	-14,84
	(19,39)	(32,43)	(4,53)	(2,494)	(0,34)	(5,749)	(12,74)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-3,906***	-16,63***	-0,99	0,135	0,00456	-0,0111	-1,427
	(1,006)	(5,525)	(0,858)	(0,146)	(0,00487)	(0,204)	(1,125)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	0,169	0,753*	0,0345	0,0102	0,00399	-0,107	-0,167
	(0,272)	(0,412)	(0,0561)	(0,0217)	(0,0036)	(0,0953)	(0,178)
Cobertura Alcantarillado	0,399	82,79	33,11	0,41	0,112	-4,848	38,35
	(52,41)	(54,87)	(20,35)	(2,301)	(0,182)	(7,819)	(24,41)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-0,0288	-1,522**	-0,0326	-0,0371	0,00263	0,183	-0,172
	(0,552)	(0,743)	(0,153)	(0,0427)	(0,00271)	(0,166)	(0,44)
Controles	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990	2990	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888	888	888	888	888
R2	0,24	0,21	0,03	0,01	0,00	0,03	0,03

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

El Cuadro 6 presenta los resultados para la especificación propuesta, en donde se incluyen las interacciones cruzadas de servicios públicos y choques de precipitaciones. Es posible observar que los resultados de los efectos del Cuadro 6 no son muy diferentes a los encontrados en el Cuadro 4 para las interacciones inicialmente propuestas (acueducto y choques positivos; alcantarillado y choques negativos). Si bien es cierto que el tamaño de los errores estándar aumentó, lo que generó una disminución en el nivel de significancia estadística para casi todos los coeficientes (el número de días por año con choques positivos perdió su significancia), la magnitud de los efectos de las interacciones originarles se mantuvo constante y con un nivel de significancia relativamente alto. A pesar de la inclusión de las nuevas variables no se encontraron efectos estadísticamente significativos para estas últimas, comprobando así que la intuición propuesta desde el principio es correcta.

Cuadro 6.
Especificación incluyendo Interacciones Cruzadas

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	**Niñas**	**Niños**
	(I)	**(II)**	**(III)**
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	27,74***	12,36***	43,22***
	(4,068)	(3,912)	(5,628)
Cobertura Acueducto	-321,4	-344,9	-250
	(406,7)	(396,1)	(412,7)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-43,32**	-28,66*	-63,82**
	(20,56)	(15,00)	(27,34)
Interacción Días con Choque Negativo y Alcantarillado	-11,79	-6,889	-15,26
	(33,43)	(26,49)	(44,28)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	0,0565	1,355	1,255
	(3,397)	(3,242)	(3,826)
Cobertura Alcantarillado	478,8	446,2	522,6
	(310,2)	(325,0)	(314,9)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-11,45**	-10,74**	-12,08**
	(4,827)	(4,946)	(5,198)
Interacción Días con Choque Positivo y Acueducto	5,329	6,91	3,676
	(7,136)	(7,000)	(7,674)

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	Niñas	Niños
	(I)	(II)	(III)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888
R2	0,26	0,20	0,26

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

C. Efecto de Diferentes Magnitudes de los Choques de Precipitaciones.

Otra forma de analizar los resultados encontrados es cuantificando el comportamiento de los efectos de las interacciones ante cambios en la magnitud de los choques. Podría esperarse que el contar con acceso a los servicios de acueducto y alcantarillado ante choques negativos y positivos de precipitaciones, respectivamente, ayude a disminuir la mortalidad en mayor medida cuando estos últimos son más fuertes. En el Cuadro 7 se presenta un ejercicio en donde se estima la ecuación (2) cuando los choques fueron de 0,5, 1 y 1,25 desviaciones estándar por encima y por debajo de la media histórica de lluvias.

En este caso, es posible destacar varios resultados. Como se puede observar, a medida que la magnitud de los choques diarios crece el efecto de mitigación es mayor. Aunque con los choques positivos se pierde significancia estadística en algunos casos, los signos y las magnitudes se mantienen crecientes, respondiendo a la intuición planteada en secciones anteriores. Finalmente, es posible observar que el efecto sobre la tasa de mortalidad infantil es mayor ante los déficits de lluvia, que afectan en mayor medida la tasa de mortalidad infantil.

Sin embargo, los resultados cuando los choques positivos de precipitaciones son de 1,5 desviaciones estándar o más deben analizarse con cautela. Es posible notar que el efecto es similar en magnitud al presentado cuando el choque es de 0,5 desviaciones estándar, aunque con un nivel de significancia estadística inferior. Además, esta significancia se pierde al desagregar la mortalidad por sexo biológico. El efecto puede ser menor porque ante choques positivos de precipitaciones más fuertes, dada la capacidad limitada del alcantarillado, el contar con este servicio puede ser contraproducente porque las aguas contenidas en él pueden salir a la superficie, poniendo en riesgo la salud de los niños. Sin embargo, esto no es posible probarlo con la información disponible.

Cuadro 7.
Efecto ante Cambios en la Magnitud de los Choques de Precipitaciones

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	**Niñas**	**Niños**
	(I)	**(II)**	**(III)**
Panel A. Choques de 0,5 d.e. o más.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-3,730***	-2,818**	-4,622***
	(1,206)	(1,123)	(1,365)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-8,263***	-7,094***	-9,413***
	(2,467)	(2,303)	(2,905)
Panel B. Choques de 1 d.e. o más.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-48,10***	-25,32***	-69,77***
	(8,143)	(6,397)	(10,63)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-9,599***	-7,918***	-11,21***
	(2,980)	(2,756)	(3,701)
Panel C. Choques de 1,25 d.e. o más.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-107,0***	-99,81**	-116,4***
	(35,74)	(43,62)	(29,87)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-8,231**	-6,944*	-9,410**
	(3,991)	(3,766)	(4,774)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

D. Efecto de Intensidad de los Choques de Precipitaciones.

De igual manera, la intensidad en los choques también puede tenerse en cuenta al evaluar los efectos sobre la mortalidad. Ante una mayor duración de los choques es posible que aumente la probabilidad de sufrir alguna afección. Para evaluar estos efectos, se proponen dos tipos de intensidad. El primero, examina los efectos cuando los choques de precipitaciones se presentaron en días consecutivos. En este caso, se estimaron tres especificaciones donde se incluyen eventos de dos, tres y cuatro días seguidos para cada choque, cuando este se presento en una desviación estándar por encima o por debajo de la media.

El segundo, analiza los choques ya no por el número de días sino por los meses en el año en que se presentaron. De manera análoga, para este ejercicio se construyó la media histórica de precipitaciones a nivel mensual de cada municipalidad y se realizó la respectiva estandarización. Es importante resaltar que, dada la estacionalidad de los meses, la estandarización se hizo mes a mes, es decir se comparó el nivel de lluvias de enero de 2018 con el histórico del nivel de lluvias de todos los eneros para cada municipalidad por separado.

En el Cuadro 8 es posible observar que el efecto es más fuerte a medida que los días con choques negativos seguidos aumentan, lo que puede obedecer al principio vital del agua, es decir, ante un periodo más largo de déficits importantes de lluvias más importante es contar con la provisión de agua (asumiendo que la calidad es óptima y el servicio es continuo), pues no solo se cuenta con el consumo del líquido para beber, sino también con el factor principal cuando de higiene se trata. Así mismo, el efecto es similar cuando son dos los días consecutivos con choques positivos de precipitaciones, pues los efectos aumentan en comparación a los encontrados en el Cuadro 4. Sin embargo, la significancia estadística se pierde cuando el choque se presenta en tres días consecutivos. Ahora bien, un detalle importante a destacar es el cambio del signo en el efecto cuando el choque positivo se presenta en eventos de cuatro días consecutivos, pues esto refuerza la hipótesis de la capacidad limitada del alcantarillado para contener aguas lluvias, empero, esto sigue sin poder probarse formalmente.

Al considerar periodos más largos bajo la influencia de choques de precipitaciones, es probable que la mortalidad y el efecto del acceso a servicios públicos se vean más afectados en comparación con los choques diarios. El Cuadro 9 presenta los resultados de la evaluación de choques de precipitaciones mensuales, donde es posible observar lo planteado anteriormente. Cuando el acueducto interactúa con choques negativos mensuales, los efectos sobre la mortalidad son significativamente mayores a los encontrados en el Cuadro 4. Sin embargo, nuevamente la interacción entre alcantarillado y choques positivos no arroja ningún resultado estadísticamente significativo. Esto puede ser un indicio que, ante periodos más largos con choques de precipitaciones positivos, el saneamiento no tiene mayor repercusión sobre la mortalidad infantil.

Respecto al último argumento, es importante resaltar que los resultados encontrados en los paneles B y C del Cuadro 8 podrían verse afectados también por la poca ocurrencia de los eventos consecutivos estudiados. Sin embargo, respecto a los fenómenos de lluvias intensas por tres días consecutivos, estos fenómenos se presentan en más en un rango de 1 a 9 eventos por año para más del 67% de las observaciones del panel. De igual manera, los eventos de cuatro días consecutivos se presentan en un rango de 1 a 4 en el 25,9% de las observaciones. Esto sugiere, que la intuición presentada anteriormente puede ser coherente con los resultados presentados.

Cuadro 8.
Efecto ante Choques de Precipitaciones por Días Consecutivos

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	**Niñas**	**Niños**
	(I)	**(II)**	**(III)**
Panel A. Choques por dos días seguidos.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-265,6***	-143,8***	-380,0***
	(46,14)	(41,88)	(62,38)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-48,34***	-38,40**	-55,51***
	(18,46)	(19,31)	(19,12)
Panel B. Choques por tres días seguidos.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-423,2***	-213,3*	-622,2***
	(129,9)	(109,0)	(157,3)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-65,31	-61,36	-70,49
	(51,60)	(53,67)	(53,26)
Panel C. Choques por cuatro días seguidos.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-957,0***	-577,3***	-1316***
	(179,6)	(167,2)	(237,1)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	21,16	42,04	3,539
	(53,58)	(55,17)	(63,01)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

Cuadro 9.
Efectos ante Choques de Precipitaciones Mensuales

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Número de Días con Choque Negativo (-1 d.e.)	51,16**	62,76***	37,08*	47,80**	64,49**	76,92***
	(22,36)	(20,83)	(20,23)	(18,86)	(26,47)	(25,00)
Cobertura Acueducto	331,1*	60,72	292,6*	45,05	367,4*	74,72
	(184,3)	(168,6)	(155,1)	(167,8)	(222,4)	(181,7)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-91,25***	-102,0***	-70,77**	-81,10***	-111,5***	-122,8***
	(33,40)	(31,33)	(29,75)	(28,54)	(39,91)	(37,35)
Número de Días con Choque Positivo (+1 d.e.)	16,53	11,32	7,374	2,484	23,93	18,42
	(20,02)	(19,06)	(18,75)	(18,91)	(22,79)	(20,93)
Cobertura Alcantarillado	546,4**	117,1	481,8*	105,8	631,0**	151,4
	(265,8)	(381,3)	(264,6)	(417,9)	(276,2)	(345,6)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-35,3	-27,77	-27,04	-19,84	-41,09	-33,26
	(32,90)	(32,35)	(30,77)	(31,71)	(37,55)	(35,77)
Controles	-	✓	-	✓	-	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888	888	888	888
R2	0,18	0,24	0,15	0,20	0,17	0,23

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

E. Efecto de Incluir Temperatura como Control Adicional.

Otras variables climáticas como la humedad y la temperatura pueden afectar la salud de las personas. Respecto de la primera, se ha encontrado que tiene una relación positiva con las enfermedades respiratorias (Barreca, 2009). Por su parte, se ha encontrado que los choques de temperaturas extremas afectan la mortalidad en los Estados Unidos (Deschênes y Greenstone, 2011). Respecto a este último estudio, se utilizó como control el nivel de precipitaciones. Siguiendo esta especificación, el Cuadro 10 presenta los resultados de la estimación de la ecuación (1) incluyendo, además de los controles ya propuestos, la variable de choques de temperatura. Los efectos tienen una estructura similar a la presentada en los resultados principales. Ambos choques de precipitaciones tienen un efecto positivo en la mortalidad (aunque los positivos no son estadísticamente significativos) y las interacciones muestran que los servicios públicos de acueducto y alcantarillado mitigan los efectos de los choques negativos y positivos, respectivamente.

Podría pensarse que, respecto a las enfermedades diarreicas, por ejemplo, las altas temperaturas agudizarían consecuencias como la deshidratación o también, podrían generar afecciones cardiacas; a su vez, las temperaturas bajas aumentarían el riesgo de padecer enfermedades respiratorias. Sin embargo, el incluir la temperatura no es trascendente en cuanto a la magnitud de los efectos. Si bien la muestra se reduce a 385 municipalidades, consecuencia de las pocas estaciones que miden la temperatura en Colombia, estos resultados concuerdan con los encontrados por Deschênes y Greenstone (2011), que no encuentran mayor variación en los efectos principales al incluir ambas variables climáticas en la misma regresión.

Cuadro 10.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI incluyendo Temperatura

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	34,24**	34,53**	11,00**	11,21**	56,15***	56,55***
	(13,40)	(13,86)	(4,65)	(4,91)	(15,97)	(16,70)
Cobertura Acueducto	-76,14	-72,74	-88,22	-85,75	-99,36	-94,6
	(259,3)	(258,1)	(223,6)	(223,1)	(332,4)	(330,4)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-62,37**	-62,91**	-31,71**	-32,10**	-90,91***	-91,67***
	(24,32)	(24,90)	(12,75)	(13,08)	(28,60)	(29,50)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	3,565	3,604	3,715	3,744	3,904	3,959
	(3,269)	(3,286)	(2,897)	(2,905)	(4,338)	(4,369)

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Cobertura Alcantarillado	979,5	982,7	997,4	999,8	994,4	998,9
	(598,3)	(598,2)	(539,4)	(539,2)	(685,2)	(685,6)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-11,58**	-11,53**	-11,25***	-11,18***	-12,60***	-12,56***
	(5,584)	(5,559)	(3,263)	(3,241)	(4,835)	(4,806)
Controles	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Incluyendo Temperatura	-	✓	-	✓	-	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	1118	1118	1118	1118	1118	1118
Municipios	385	385	385	385	385	385
R2	0,30	0,30	0,28	0,28	0,26	0,26

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

F. Estimación para el periodo 2005-2018.

A partir de la entrada en funcionamiento del Sistema de Registro Civil y Estadísticas Vitales en 1998, el DANE cambió la metodología en la recolección de la información sobre nacimientos y defunciones en Colombia. Con esto, mejoró la precisión en la recolección de la información y se ha disminuido el subregistro en las variables mencionadas. En este orden de ideas, el Cuadro 11 presenta la estimación de la ecuación (1) incluyendo únicamente los años posteriores a 1998. Como se puede observar, aunque menores en magnitud, los efectos estimados mantienen la significancia estadística y el sentido que los encontrados en el Cuadro 4. Ciertamente, los efectos del número de días por año con choques negativos han perdido su significancia, pero esto puede obedecer a las condiciones climáticas que se presentaron en 2005 y 2018 que, según el Gráfico 1, fueron años con una mayor presencia de choques positivos en promedio.

Cuadro 11.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI entre 2005 y 2018

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	**Niñas**	**Niños**
	(I)	**(II)**	**(III)**
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	8,307	7,164	9,161
	(11,34)	(10,19)	(14,18)
Cobertura Acueducto	-75,39	-142,8	-27,68
	(90,51)	(137,2)	(84,38)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-33,26**	-21,10*	-44,85**
	(13,50)	(11,06)	(19,87)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	3,675***	3,614**	3,890***
	(1,205)	(1,779)	(1,474)
Cobertura Alcantarillado	125,3	123,9	120,5
	(109,3)	(130,7)	(141,4)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-4,205*	-3,809**	-4,857*
	(2,272)	(1,535)	(2,700)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	1576	1576	1576
Municipios	821	821	821
R2	0,11	0,10	0,12

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%

VII. Discusión

En esta sección, se presentan las limitaciones del estudio presentado y los aportes al análisis de política pública en materia de infraestructura de servicios y salud pública.

Es importante resaltar que los resultados presentados anteriormente son entendidos desde el punto de vista contextual, dada la medición a nivel municipal del acceso a servicios públicos y no a nivel individual. En este sentido, las estimaciones encuentran efectos promedio a nivel municipal, lo que no necesariamente implica que un individuo que no cuente con acceso a acueducto o alcantarillado vaya a morir. Sin embargo, dado el carácter exógeno de las precipitaciones y su interacción con los servicios públicos es posible inferir que, bajo un escenario de fenómenos climáticos extremos, el acceso a estos servicios públicos puede ayudar a disminuir la carga de mortalidad del país, particularmente por enfermedades respiratorias e infecciosas y parasitarias.

Por otra parte, es importante mencionar que los efectos encontrados pueden estar subestimados dado el registro de las defunciones en las Estadísticas Vitales del DANE. Como se pudo ver en el Cuadro 3, el mínimo de la mortalidad es cero y este valor se repite para varios municipios, especialmente en los años 1985 y 1993. De acuerdo con la intuición, esto es poco creíble porque para esos años Colombia no tenía altos niveles de coberturas en acceso a la salud, vacunación y tratamiento de enfermedades, particularmente para la periferia, donde más se presentan los casos de cero mortalidades. Además, excluyendo a Bogotá D.C., los municipios con menor acceso a servicios de salud también cuentan con menor cobertura de servicios públicos y están ubicados en las zonas más expuestas a choques climáticos. Por esta razón, los efectos podrían ser más grandes.

Ahora bien, teniendo en mente lo anterior, se calcula el valor esperado de las muertes infantiles evitadas condicionado en los efectos encontrados para las coberturas de acueducto y alcantarillado a nivel municipal, los choques de precipitaciones y demás controles utilizados en el Cuadro 4 (ver detalles del cálculo en Anexo 1).

El cálculo de muertes evitadas para el periodo 1985-2018, condicionadas en las coberturas de servicios públicos y los fenómenos de precipitaciones extremos, es de 54,3 niños menores de 5 años por cada 100.000. Este valor, respecto de la media de mortalidad infantil para la muestra estudiada en el periodo 1985-2018, el aumento del 18,9% en la cobertura de acueducto promedio municipal y el aumento en 13,4% del alcantarillado ayudó a evitar un 14,3% de las defunciones infantiles, lo que resulta bastante importante en términos de la carga de mortalidad infantil. En este sentido, si se garantiza el acceso a acueducto y alcantarillado para toda la población colombiana, posiblemente continúen reduciéndose las defunciones infantiles por enfermedades respiratorias e infecciosas y parasitarias principalmente, que aún siguen representando una parte importante de las enfermedades que afectan a la población infantil del país.

VIII. Conclusiones

Este documento encuentra varios resultados importantes respecto de los fenómenos de precipitaciones sobre la mortalidad infantil en Colombia. Se encontró que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días con déficit de lluvias por año aumentará la mortalidad, en promedio, en 0,14 desviaciones estándar cuando el municipio cuenta con una cobertura de acueducto de 0%. A su vez, cuando el municipio cuenta con una cobertura de este servicio público del 100%, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días por año con déficit de lluvia sobre la mortalidad infantil es de -0,12 desviaciones estándar. De igual manera, se encontró que el aumento en una desviación estándar en el número de días por año con lluvias intensas, cuando

la municipalidad cuenta con una cobertura de alcantarillado del 0%, aumenta la mortalidad infantil en 0,06 desviaciones estándar. Finalmente, cuando se cuenta con una cobertura del 100%, el efecto marginal del aumento señalado en el número de días por año con lluvias intensas sobre la mortalidad infantil es de -0,14 desviaciones estándar. Cuando se realizó la estimación a nivel de sexo, los niños varones sufrieron efectos de mayor magnitud, resultado coherente con la literatura médica que afirma una mayor fortaleza biológica de las niñas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la magnitud de estas brechas podría cambiar, dados los problemas de subestimación señalados en la sección anterior.

El contar con un acueducto permite acceder al consumo de agua de mejor calidad y mantener hábitos de higiene, esenciales para la prevención de enfermedades. De igual manera, el alcantarillado ayuda a evacuar aguas lluvia que pueden transportar virus y bacterias causantes de enfermedades respiratorias, evitando así la exposición del ser humano a estos riesgos.

Estos resultados fueron evaluados por diversas causas de mortalidad. La Organización Mundial de la Salud en sus Guías para la Calidad del Agua Potable (2006), advierte que diferentes virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos pueden ser transportados por el agua de consumo o de contacto con el ser humano, produciendo tanto infecciones intestinales como respiratorias que pueden tener consecuencias fatales. Así mismo, la literatura ha encontrado una relación positiva entre el nivel de lluvias y la proliferación de enfermedades respiratorias, como se mencionó en secciones anteriores. En este sentido, se esperaba que las enfermedades infecciosas y parasitarias, y las enfermedades respiratorias fueran las más afectadas por la provisión de los servicios públicos ante choques de precipitaciones. Efectivamente, este fue el resultado observado y paralelamente se probó que enfermedades no relacionadas directamente con el agua no tienen efecto alguno en términos de significancia estadística. Además, se llevó a cabo el análisis incluyendo las interacciones cruzadas entre servicios públicos y choques de precipitaciones para probar que la hipótesis propuesta al inicio de este documento es razonable. Las pruebas complementarias señalan que el aumento en la cobertura de acueducto y alcantarillado pueden mitigar los efectos de los choques de precipitaciones que la literatura ha señalado, se espera sean crecientes en el tiempo, teniendo respuestas positivas ante choques negativos más intensos y duraderos.

Se espera que el cambio climático afecte en mayor medida a las poblaciones del mundo, particularmente con fenómenos de precipitaciones extremos para el Sudeste Asiático y América del Sur. Como fue señalado, para el caso colombiano aumentó el número de municipios afectados por estos choques climáticos y se espera que esta tendencia continúe en el tiempo. Por esta razón, es importante que se sigan realizando inversiones en diferentes mecanismos que protejan a la población de las consecuencias negativas que generan los eventos climáticos extremos.

IX. Referencias

Alonso, G. (2006). "El Fenómeno de El Niño en Colombia: Caracterización y Posible Impacto". Reportes del Emisor – Banco de la República. Vol. (182). Consultado en: https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/emisor/article/view/7891.

Alsan, M. & Goldin, C. (2019). "Watersheds in Child Mortality: The Role of Effective Water and Sewerage Infraestructure 1880-1920". Journal of Political Economy. Vol. (127). No. 2. 586-638.

Andalón, M., Azevedo, J., Rodríguez-Castelán, C., Sanfelice, V. & Valderrama-González, D. (2016). "Weather Shocks and Health at Birth in Colombia". World Development. Vol. 82(C), pages 69-82.

Barreca, A. (2012). "Climate Change, Humidity, and Mortality in the United States". Journal of Envirinmental Economics and Management. Vol. 63. 19-34.

Brando, J.F. & Santos, R. (2015). "La Niña y los Niños: Effects of an Unexpected Winter on Early Life Human Capital and Family Responses". Documentos CEDE. Vol. 25. 1-58.

Caicedo, J.M., Gaviria, A. & Moreno, J. (2011). "Hechos y Palabras: la Realidad Coombiana Vista a través de la Prensa Escrita". Documentos CEDE. Vol. 46. 1-34.

Calderón, S. & Sánchez, F. (2015). "Caracterización de y Vulnerabilidad a los Desastres Naturales en Colombia, 1970-2011". Documentos CEDE. Vol. 16. 1-54.

Centers for Disease Control and Prevention. (2020). "Multiple Cause of Death Files, 1999-2018". National Center for Health Statistics. Contenido en: http://wonder.cdc.gov/ucd-isc10.html.

Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 1985". Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE.

Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 1993". Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE.

Chan, P.W.K., Chew, F.T., Tan, T.N., Chua, K.B. & Hooi, P.S. (2002). "Seasonal Variation in Respiratory Syncytial Virus Chest Infection in the Tropics". Pediatric Pulmonology. Vol. (34). 47-51.

Chew, F.T., Doraisingham, S., Ling, A.E., Kumarasinghe, G. & Lee, B.W. (1998). "Seasonal Trend of Viral Respiratory Tract Infections in the Tropics". Epidemiology and Infections. Vol. (121). 121-128.

Cutler, D., Deaton, A. & Lleras-Muney, A. (2006). "The Determinants of Mortality". Journal of Economic Perspectives. Vol. (20). 97-120.

Cutler, D. & Miller, G. (2005). "The Role of Public Health Improvements in Health Advances: The Twentieth-Century United States". Demography. Vol. (42). 1-22.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísitcas – DANE. (s.f.). Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 2005". Dirección de Censos y Demografía.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísitcas – DANE. (s.f.). Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 2018". Dirección de Censos y Demografía.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísitcas – DANE. (2009). "Estadisticas Vitales – EEVV". Dirección de Censos y Demografía.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísitcas – DANE. (2011). "Manual para la Certificación Médica de la Causa de Defunción y Selección de la Causa Básica de Muerte – EEVV". Dirección de Censos y Demografía.

Deschênes, O. & Greenstone, M. (2011). "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US". American Economic Journal: Applied Economics. Vol. (3). 152-185.

Domínguez, C. & Uribe, E. (2005). "Evolución del Servicio de Acueducto y Alcantarillado Durante la Última Década". Documentos CEDE. Vol. 19. 1-75.

Euscátegui, C. & Hurtado, G. (2011). "Análisis del Impacto del Fenómeno "La Niña" 2010-2011 en la Hidroclimatología del País". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 1-32.

Flórez, C. (2000). Las Transformaciones Sociodemográficas en Colombia Durante el Siglo XX. Bogotá: Banco de la República y Tercer Mundo Editores.

Henry, S. & Dos Santos, S. (2013). "Rainfall Variations and Child Mortality in the Sahel: Results From a Comparative Event History Analysis in Burkina Faso and Mali". Population and Environment. Vol. (34). 431-459.

Galiani, S., Gertler, P., & Schargrodsky, E. (2005) "Water for Life: The Impact of the

Privatization of Water Services on Child Mortality". Journal of Political Economy. Vol. 113. 83-120.

Gaviria, A. (2010). "Cambio Social en Colombia Durante la Segunda Mitad del Siglo XX". Documentos CEDE. Vol. (30). 1-40.

Granados, C. & Sánchez, F. (2014). "Water Reforms, Decentralization and Child Mortality in Colombia, 1990-2005". World Development. Vol. (53). 68-79.

Hoddinott, J. & Kinsey, B. (2001). "Child Growth in the Time of Drought". Oxford Bulletin of Economics and Statistics. Vol. (63). 409-436.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2016). "Impacto del Fenómeno "El Niño" 2015-2016 en los Nevados y Alta Montaña en Colombia". Bogotá. 1-19.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2017). "Diseño de la Red Hidrometeorológica Nacional". Bogotá. 1-16.

Ingole, V., Juvekar, S., Muralidharan, V., Sambhudas, S. & Rocklöv, J. (2012). "The Short-Term Association of Temperature and Rainfall with Mortality in Vadu Health and Demographic Surveillance System: A Population Level Time Series Analysis". Global Health Action. Vol. (23). 44-52.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). "Global Warming of 1.5°C.". Consultado en: https://www.ipcc.ch/sr15/.

Jaramillo, J., Meisel, A., & Ramírez, M. (2019). "More Than One Hundred Years of

Improvements in Living Standards: The Case of Colombia". Cliometrica. vol. (13). 323-366.

Kraemer, S. (2000). "The Fragile Male". British Medical Journal. Vol. (321). 1609-1612.

Maccini, S. & Yang, D. (2009). "Under the Weather: Health, Schooling, and Economic Consequences of Early-Life Rainfall". American Economic Association. Vol. (99). 1006-1026.

Machado-Silva, F., Libonati, R., Melo de Lima, T.F., Bittencourt Peixoto, R., de Almeida França, J.R., de Figueiredo, M., Lemos, F., Abrantes, J. & DaCamara, C. (2020). "Drought and Fires Influence the Respiratory Diseases Hospitalization in the Amazon". Ecological Education. Vol. (109). 1-13.

Montenegro, A. (2020). "Notas sobre la Historia y el Impacto de las Leyes de Servicios Públicos de 1994". Documentos CEDE. Vol. (10). 1-43.

Naciones Unidas. (2015). "Resolución Aprobada por la Asamblea General el 25 de Septiembre de 2015". Consultado en: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf.

Nizalova, O. & Murtazashvili, I. (2016). "Exogenous Treatment and Endogenous Factors: Vanishing of Omitted Variable Bias on the Interaction Term". Journal of Econometric Methods. Vol. (5). 71-77.

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Vol. (1). Tercera Edición. Consultado en: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf.

Organización Mundial de la Salud. (2007). Adressing Sex and Gender in Epidemic-Prone Infectious Diseases. Organización Mundial de la Salud: Ginebra. Consultado en: https://www.who.int/csr/resources/publications/SexGenderInfectDis.pdf.

Paynter, S., Weinstein, P., Ware, R.S., Lucero, M.G., Tallo, V., Nohynek, H., Barnett, A.G., Skelly, C., Simoes, E.A.F., Sly, P.D., Williams, G. & Arivac Consortium. (2013). "Sunshine, Rainfall, Humidity and Child Pneumonia in the Tropics: Time-Series Analyses". Epidemiology and Infections. Vol. (141). 1328-1336.

Sánchez, F. & Vega, A. (2014). "Cobertura de Acueducto y Alcantarillado, Calidad del Agua y Mortalidad Infantil en Colombia, 2000-2012". Documentos CEDE. Vol. (40). 1-50.

Watts, N., et al. (2019). "The 2019 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Ensuring that the Health of a Child Born Today is not Defined by a Changing Climate". The Lancet. Vol. (394). 1836-1878.

Mauvais-Jarvis, F., et al. (2020). "Sex and Gender: Modifiers of Health, Disease, and Medicine". The Lancet. Vol. (396). 565-582.

Thongpan, I., Vongpunsawad, S. & Poovorawan, Y. (2020). "Respiratory Syncytial Virus Infection Trend is Associated with Meteorological Factors". Nature. Vol. (10). 1-7.

Vlasoff, C. (2007). "Gender Differences in Determinants and Consequences of Health and Illness". Journal of Health, Population, and Nutrition. Vol. 25. 47-61.

Yang, T.O., Huang, W.T., Chen, M.H., Huang, K.Y. & Chen, P.C. (2018). "Sex Differences in Common Childhood Infections in Taiwan". International Journal of Infectious Diseases. Vol. (75). 115-117.

Yusuf, S., Piedimonte, G., Auais, A., Demmler, G., Krishnan, S., Van Caeseele, P., Singleton, R., Broor, S., Parveen, S., Avendano, L., Parra, J., Chavez-Bueno, S., Murguía de Sierra, T., Simoes, E.A.F., Shaha, S. & Welliver, R. (2007). "The Relationship of Meteorological Conditions to the Epidemic Activity of Respiratory Syncytial Virus". Epidemiology and Infections. Vol. (135). 1077-1090.

Zarulli, V., Barthold, J., Oksuzyan, A., Lindahl-Jacobsen, R., Christensen, K. & Vaupel, J. (2018). "Women Live Longer Than Men Even During Severe Famines and Epidemics". Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. (115). 832-840.

X. Anexos

Valor esperado de la tasa de mortalidad infantil condicionado en las coberturas, choques de precipitaciones y controles propuestos.

$$
\begin{aligned}
&\textit{Muertes Evitadas}_{\,1985\text{-}2018} \\
&= E\,(Y_{i,t} \mid Acued_{i,2018}, Alcant_{i,2018}, X) - E(Y_{i,t} \mid Acued_{i,1985}, Alcant_{i,1985}, X) \\
&= (\hat{Y}_i + \hat{Y}_t + \beta_1\, Prec_{neg} + \beta_2\, Prec_{pos} + \beta_3\, Acued_{2018})\, \beta_4\, Alcant_{2018} \\
&+ \beta_5 (Prec_{neg} * Acued_{2018}) + \beta_6 (Prec_{pos} * Alcant_{2018}) + \Omega X_{i,t}) \\
&- (\hat{Y}_i + \hat{Y}_t + \beta_1\, Prec_{neg} + \beta_2\, Prec_{pos} + \beta_3\, Acued_{1985})\, \beta_4\, Alcant_{1985} \\
&+ \beta_5 (Prec_{neg} * Acued_{1985}) + \beta_6 (Prec_{pos} * Alcant_{1985}) + \Omega X_{i,t}) \\
&= \beta_3 (Acued_{2018} - Acued_{1985}) + \beta_4 (Alcant_{2018} - Alcant_{1985}) \\
&+ \beta_5 (\,(Prec_{neg} * Acued_{2018}) - (Prec_{neg} * Acued_{1985})) \\
&+ \beta_6 (\,(Prec_{pos} * Acued_{2018}) - (Prec_{pos} * Acued_{1985})) \\
&= \beta_3 (Acued_{2018} - Acued_{1985}) + \beta_4 (Alcant_{2018} - Alcant_{1985}) + \beta_5 \\
&* Prec_{neg}\, (Acued_{2018} - Acued_{1985}) + \beta_6 \\
&* Prec_{pos}\, (Alcant_{2018} - Alcant_{1985}) + \beta_6
\end{aligned}
$$

(2)

En la primera parte de la ecuación (2), los coeficientes β_3 y β_4 acompañan lo que serían las ganancias directas por la provisión de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Por otra parte, los coeficientes β_5 y β_6 acompañan el ahorro por evitar muertes ante fenómenos de precipitaciones extremos. Dado que estadísticamente los efectos encontrados para las variables de coberturas son iguales a cero, las ganancias en cuanto a muertes evitadas son indirectas.

El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia

Por:
Juan Benavides
César Pabón
Paula Alejandra González[a]

Palabras clave: *Infraestructura de transporte, Infraestructura vial, Alianzas Público-Privadas, Colombia.*
Keywords: *Transport Infrastructure, Road Infrastructure, Public-Private Partnerships, Colombia.*

JEL: *B1, N7, R4.*

El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia.

The Contribution of Public-Private Partnerships (PPPs) to Colombia's Development through Transport Infrastructure.

Primera versión recibida el 6 de octubre de 2023; versión final aceptada el 7 de noviembre de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 113-149. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Resumen

Este artículo examina el papel de las Alianzas Público-Privadas (APP) en el financiamiento de grandes proyectos de infraestructura de transporte y su impacto sobre la economía. Se efectúa un balance de las inversiones en este sector durante las últimas décadas, y se identifican los aportes, desafíos y perspectivas del modelo de APP en transporte, comparándolo con experiencias de otros países. Se evalúa el impacto macroeconómico de la infraestructura de transporte, y se discuten las políticas recientes que representan una amenaza inminente para la sostenibilidad de los concesionarios viales a mediano y largo plazo. A pesar de la abundante literatura en este campo, existe un vacío en el análisis integral del conjunto de las APP en Colombia y su evolución desde sus inicios. Este documento contribuye a la literatura sectorial al evaluar y cuantificar los riesgos asociados a las decisiones políticas y económicas que amenazan el esquema de las APP. Estos riesgos podrían traducirse en un retroceso en el avance institucional emprendido durante décadas en el país.

Abstract

This article examines the role of Public-Private Partnerships (PPPs) in financing large transportation infrastructure projects, and their impact on the economy. It presents a balance of the investments in this sector over the past decades and identifies the contributions, challenges, and outlook of the PPP model in transportation, comparing it with experiences from other countries. It assesses the macroeconomic impact of investment on transportation infrastructure and analyzes the recent policies posing an imminent threat to the sustainability of road concessionaires in the medium and long term. Despite the abundant literature in this field, a gap is noted in the comprehensive analysis of all PPPs in Colombia and their evolution since their inception. This

a Los autores agradecen las valiosas observaciones al documento efectuadas por Luis Fernando Mejía, Director Ejecutivo de Fedesarrollo, y de la Cámara Colombiana de la Infraestructura.
Juan Benavides (Director del proyecto)
César Pabón (Director de Análisis Macroeconómico y Sectorial de Fedesarrollo)
Paula Alejandra González (Asistente de investigación)

document contributes to sector literature by evaluating and quantifying the risks associated with political and economic decisions that threaten the PPP scheme. These risks could translate into a setback in the institutional progress undertaken for decades in the country.

Introducción y mensaje central

La inversión en infraestructura de transporte es crucial para promover el crecimiento económico, el bienestar y la integración del territorio. La infraestructura es una plataforma transversal a toda la economía, cuyos beneficios a los usuarios directos sólo capturan una fracción pequeña de los beneficios totales a la sociedad (Ágenor 2013).

Colombia enfrenta un rezago histórico en su infraestructura de transporte. La difícil geografía del país, caracterizada por la heterogeneidad del terreno y la variabilidad climática, ha sido el principal causante de este fenómeno, lo que ha impedido la realización de proyectos de infraestructura de gran envergadura. La dificultad en la planeación del uso del suelo, para que estudios y estándares técnicos incluyan a cabalidad los riesgos del cambio climático y la topografía de Colombia, ha generado un rezago en la infraestructura del país. En particular, el país se destaca por la falta de intermodalidad, dado que el 97% del transporte de carga se realiza por carreteras. Estas limitaciones han dado lugar a ineficiencias logísticas, reflejadas en el tiempo requerido para completar el proceso de exportación (4,6 días), lo que representa el 72% del tiempo total entre el país de origen y el de destino (DNP, 2020b).

Las Alianzas Público-Privadas (APP) surgieron en los años noventa para atraer capital privado en su financiación. Los avances de Colombia en APP son notorios y reconocidos internacionalmente en los frentes institucional, de capacidades de estructuración y asignación de riesgos y de financiación. Esto se ha logrado a través del aprendizaje y la colaboración entre el sector público y privado, quienes han emprendido acciones en varios frentes para abordar los desafíos del sector en materia de planificación y estructuración de proyectos (Comisión de Expertos en Infraestructura de Transporte, 2019).

Con la promoción de las APP en infraestructura de transporte terrestre, Colombia ha avanzado en los siguientes aspectos:

- El Estado ha atraído inversionistas sofisticados que aportan nuevas tecnologías de diseño de ingeniería y gestión de activos.
- Los proyectos se aprueban al superar la prueba de un análisis costo beneficio, lo que garantiza la adición de valor económico.
- Los proyectos de APP deben pasar además el análisis de valor por dinero, que asegura que hay más generación de valor al realizarlo mediante concesión que por obra pública.
- La competencia en las licitaciones de los proyectos APP presiona la reducción de costos y estimula la introducción de tecnologías innovadoras.
- La estructuración mediante *project financing* introduce la disciplina de los mercados de deuda y la gestión de riesgos. La exigencia de aportes patrimoniales sustanciales a los inversionistas privados disminuye los riesgos de abandono o construcción lenta. Se dinamizan y sofistican los mercados de capitales, con la introducción de instrumentos de deuda mejor adaptados a las condiciones propias de los proyectos, y mejoras crediticias.
- Los proyectos construidos, desde el instante cero, aparecen en el balance de activos del sector público, aunque sean financiados por el sector privado. El Estado reduce la presión presupuestal corriente y de mediano plazo con el estímulo a inversiones privadas en bienes públicos que siempre están en el balance del estado.
- Se generan incentivos a construir proyectos que deben funcionar de manera óptima durante el período operacional de la concesión, a diferencia de los proyectos construidos mediante contratos de obra pública que no integran diseño, financiación, construcción, operación y mantenimiento. El pago por disponibilidad incentiva decisiones conjuntas de inversión y de mantenimiento. El inversionista privado es responsable del diseño, construcción, operación y mantenimiento, gestión predial, de redes y ambiental. Si la obra sale más cara o se re-

trasa, sus consecuencias quedan en cabeza del privado.
- El Estado reduce la presión presupuestal corriente y de mediano plazo con el estímulo a inversiones privadas en bienes públicos que siempre están en el balance del estado.

Adicionalmente, las concesiones mediante APP han aportado al crecimiento económico, tanto por la vía de los encadenamientos hacia atrás de las obras civiles, como por la reducción de los costos de transporte, que aumentan la competitividad del país. Los recursos frescos de inversión en el sector tienen los siguientes impactos macroeconómicos:

- Un choque de US$ 1,51 mil millones (0,21% del PIB de 2017) en infraestructura de transporte aumentaría la tasa de crecimiento del PIB en 0,22%. Este resultado captura el valor de ´descongestionar´ al capital privado con inversiones en infraestructura de transporte, como se advirtió en la actualización del Plan Maestro de Transporte Intermodal 2022 (Steer-Fedesarrollo 2022).
- Por cada incremento de la inversión en infraestructura del 0,7% del PIB en promedio anual durante los próximos 10 años, la tasa de crecimiento económico aumentaría en 1 punto porcentual. Esto se traduciría en una reducción promedio de la tasa de desempleo de 0,8 puntos porcentuales, y una reducción de la tasa de pobreza de 0,6 puntos porcentuales.
- La inversión en obras civiles y en servicios de transporte terrestre tiene un efecto multiplicador amplio sobre el PIB, la creación de empleo directo e indirecto, y el recaudo de impuestos. Cada peso invertido en obras civiles se traduce en un aumento de 2,25 pesos en la producción nacional, 2,46 pesos en salarios y 4,90 pesos en impuestos. Por otro lado, los multiplicadores para el sector de servicios de transporte terrestre son 2,20 en PIB, 2,53 en salarios y 7,91 en impuestos.
- Los retrasos en las inversiones en infraestructura que se originarían en la incertidumbre para las APP en transporte podrían reducir el crecimiento de la economía en órdenes del 0,5% del PIB.
- Medido por la fortaleza de sus vínculos en las compras y ventas a otros sectores, el sector de obras civiles se destaca porque lo requieren ampliamente los demás sectores, y el sector de servicios de transporte pide muchos insumos al resto de la economía y al tiempo es esencial para la dinámica de los demás sectores.

Los avances y aportes de la inversión privada en APP enfrentan la posibilidad de limitarse severamente por la gran incertidumbre en las señales y medidas que el gobierno ha tomado en meses recientes. Las políticas y decisiones recientes del gobierno que se discuten en este documento reflejan la intención de cambiar las reglas del juego en APP. Se genera inseguridad sobre el futuro papel de la planificación del transporte, de la adhesión a la priorización de proyectos por métodos objetivos y de la continuidad en el uso del modelo APP en los proyectos viales.

La incertidumbre generada podría provocar retrasos en las obras, que en promedio de los diferentes escenarios modelados por Fedesarrollo, arrojarían una disminución del crecimiento del PIB a largo plazo de 0,5% por debajo del potencial del escenario base (3,1%).

Los impactos también se sentirían en el flujo de proyectos y en costos para el fisco. Las 11 APP de iniciativa privada, que no reciben apoyos del estado y que deben remunerarse exclusivamente mediante el cobro de peajes, quedarían paralizadas. Este año los peajes deberían haber subido 13%. En 2024 deberían subir aproximadamente (1+13%) *(1+8,5%) - 1 = 23% (8,5% inflación estimada en 2023). Este incremento de dos años en un solo año para actualizar los valores tiene poca viabilidad política. Si los peajes subieran solo 8,5% en 2024, y de ahí en adelante sólo en el porcentaje anual de indexación sin corregir el descalce del 13% de 2023, se arrastraría un déficit permanente a favor de los concesionarios, del orden de $13,8 billones hasta el año 2040.Las concesiones con APP exigen profun-

dizar la estabilidad institucional y jurídica que el país ha construido paciente y continuamente en las últimas dos décadas. El mensaje central de este documento es que el modelo APP en transporte debe consolidarse para que el país continúe con la atracción de inversiones privadas que ayuden a financiar infraestructura pública. El desmantelamiento del modelo de APP reduciría la dotación de infraestructura de transporte terrestre de buena calidad dado que no hay espacio fiscal para sustituir APP por obras públicas en el corto plazo, aumentaría los costos generalizados de transporte, reduciría la velocidad de crecimiento del PIB, y empobrecería a la mayoría de la población por la reducción del comercio entre regiones y con el exterior, y el mayor costo de la movilidad de pasajeros. Se reitera la importancia de mantener las reglas claras para la sostenibilidad del modelo.

El objetivo principal de este artículo es medir el impacto macroeconómico de la infraestructura de transporte y analizar el balance de inversiones en este sector durante las últimas décadas. Además, el documento busca identificar los aportes, desafíos y perspectivas del modelo de APP en transporte a nivel nacional de manera comparativa con otros países. Finalmente, se hace un énfasis en las políticas recientes que conllevan un riesgo inminente para la sostenibilidad de los concesionarios en el mediano y largo plazo.

A pesar de la abundante literatura que examina el papel de las Asociaciones Público-Privadas (APP) y su impacto en la infraestructura de transporte en Colombia, se identifica un vacío en el análisis integral del conjunto de las APP en Colombia y su evolución desde sus inicios. En esta dirección, este artículo compila exhaustivamente el balance, los desafíos y los efectos del modelo de concesiones en el desarrollo del país. Este documento, además, aporta un valor significativo a la literatura existente al evaluar y cuantificar los riesgos asociados a las decisiones políticas y económicas que amenazan el esquema de las APP. Estos riesgos podrían traducirse en un retroceso en el avance institucional que ha sido emprendido durante décadas en el país.

En este contexto, este documento parte de la definición de APP, discute sus diferencias con respecto a la contratación por obra pública y la importancia de la estructuración de APP mediante *project financing* (Capítulo 1). En el Capítulo 2 se efectúan diversos cálculos del impacto macroeconómico de los sectores asociados al transporte. En el Capítulo 3 se presenta un balance de las inversiones en infraestructura de transporte y el papel creciente del aporte privado mediante APP. El Capítulo 4 presenta los avances institucionales para atraer inversión privada en infraestructura y la evolución en la asignación de riesgos. El Capítulo 5 compara los logros de Colombia en APP a nivel internacional. El Capítulo 6 plantea los aportes, cuellos de botellas y perspectivas del modelo de APP en infraestructura de transporte. Finalmente, el Capítulo 7 discute los riesgos emergentes para los concesionarios.

I. Capítulo 1. Definición de APP, diferencias con contrato de obra pública, y ventajas de estructurar una APP mediante financiación de proyectos[1]

1.1. Definición de APP, diferencias con contrato de obra pública

Una APP es un mecanismo financiero para atraer inversión y habilidades gerenciales privadas para desarrollar capital público. Un concesionario efectúa aportes patrimoniales y consigue deuda; encarga la construcción a una firma que generalmente es distinta de la concesionaria; y opera y mantiene un activo bien definido, que no cambia en el tiempo, por un periodo finito. El activo revierte al finalizar la vigencia del contrato, pero siempre está en el balance de activos del Estado y no en el balance de activos del concesionario. La APP se remunera con peajes y aportes del presupuesto general de la Nación, en caso de que los pagos por peajes sean insuficientes para que el operador obtenga una remuneración consistente con los riesgos asumi-

1 Benavides (2021) y Benavides (2010).

dos. Un proyecto de concesión mediante APP es capital público financiado por el concesionario, y siempre está en el balance del sector público.

A diferencia de una concesión estructurada mediante APP, el contrato de obra pública[2] necesita el reembolso inmediato de los costos incurridos al constructor porque no se trata de un operador financiero. La obra pública es la alternativa básica cuando el tamaño de los proyectos no justifica los costos de estructuración con agentes privados, o cuando el riesgo constructivo no es asegurable.

En los contratos de obra pública, los contratistas buscan optimizar el valor de su maquinaria y equipos mediante una tasa de ocupación alta, pues no pueden mantener ociosos sus activos más allá del tiempo de construcción. Los contratistas construyen y entregan su obra, y luego el estado queda a cargo de su mantenimiento y rehabilitación.

1.2. Ventajas de estructurar una APP mediante financiación de proyectos

La estructuración de concesiones mediante financiación de proyectos (*project financing*) exige la creación de una nueva firma separada del balance de los patrocinadores del proyecto, basada en la rentabilidad privada del nuevo proyecto, que deben ser suficientes para garantizar la construcción, pagar las deudas y otorgar una rentabilidad apropiada del patrimonio aportado por los financiadores. Los aportes de deuda se basan únicamente en la solidez de los flujos de caja del proyecto. La deuda no se respalda con colateral de los inversionistas patrimoniales, no resta capacidad de deuda del balance del patrocinador y, en caso de insolvencia, no se permite a los acreedores recurrir contra los activos del patrocinador, sino sólo contra los activos del proyecto. Todo esto obliga a una transferencia y gestión de riesgos que incentivan a un diseño de alta calidad, a la construcción en los plazos acordados, a un control de costos operacionales, y a un mantenimiento que maximiza la disponibilidad y la calidad de los proyectos, en beneficio del estado y de los usuarios.

La ausencia de recursos contra el concesionario obliga a firmar una colección de contratos para hacer valer la transferencia de riesgos. Los contratos más importantes son (i) los contratos de construcción (Engineering Procurement Contract; EPC), en los que los patrocinadores transfieren los riesgos de sobrecostos y retrasos a las firmas constructoras; (ii) los contratos de operación y mantenimiento con firmas constructoras idóneas, (iii) los contratos de gestión fiduciaria de ingresos y egresos, para asegurar que los flujos estén protegidos de los riesgos de desvío a otras actividades del patrocinador; que los egresos se efectúen contra hitos predefinidos y auditados por ingenieros independientes; y que los tenedores de deuda tengan prioridad en el uso de los flujos de caja libre. Estos contratos reducen la discrecionalidad del patrocinador, para beneficio del interés de los tenedores de deuda y del interés público.

La presencia de deuda ya sea a través de préstamos o de emisiones de bonos en un proyecto de APP, es una señal positiva al mercado sobre la suficiencia financiera del proyecto y de consenso entre banqueros de inversión, patrocinadores y prestamistas sobre la solidez de los aportes patrimoniales para que los compromisos de repago de deuda se cumplan en una firma nueva que no tiene trayectoria crediticia.

Cuando el nivel de aportes patrimoniales es suficientemente alto, la deuda puede tener grado de inversión y se pueden emitir bonos atractivos a los inversionistas institucionales. Esto introduce una forma de ´regulación de la concesión por los mercados financieros´, añadiendo al ecosistema de infraestructura a un nuevo grupo de actores con intereses en la buena selección y desempeño de los proyectos.

2 De acuerdo con la Ley 80 de 1993 (o Estatuto General de Contratación de la Administración Pública), este tipo de contratos se celebran desde entidades estatales para la construcción, mantenimiento, y en general, la realización de un trabajo material sobre un bien inmueble tras un proceso de licitación o concurso público, en el cual el contratista será el responsable de responder de los hechos u omisiones.

La experiencia obtenida tras la ejecución de las obras de infraestructura vial 4G ha puesto de manifiesto la necesidad de establecer una estructura de financiación a través del mercado financiero y de capitales. En este sentido, se ha evidenciado que el incremento de la inversión en capital privado ha permitido una mayor diversificación y participación de diversas fuentes de financiamiento, tales como los bancos internacionales (33%), los bancos locales (21%), los fondos de deuda (14%) y el mercado de capitales (10%), entre otras (Cámara Colombiana de Infraestructura, 2022). Cabe destacar que el uso de estos mecanismos se traduce en la mejora y ampliación de las condiciones de las fuentes de financiamiento, lo que posibilita a las empresas financiar de manera más efectiva cada una de las etapas del proyecto (FDN, 2022).

Puesto que en una obra pública los riesgos no quedan asignados explícitamente, y no hay incentivos ni vigilancia suficientes para controlar los costos ni para construir una obra que tenga un desempeño de alto nivel durante su operación, las comparaciones de valor por dinero (ver Apéndice 1 para una explicación de su funcionamiento) entre una estructuración por obra pública y una concesión por APP usualmente muestran las ventajas de la APP, a pesar de que su costo del capital sea más alto por la necesidad de asumir riesgos que quedan ocultos en la financiación pública.

La necesidad de invertir en infraestructura se hizo evidente en las décadas de 1960 y 1970 a nivel mundial, especialmente después de los choques petroleros que debilitaron las condiciones económicas de los países. Para enfrentar esta situación, la inversión desempeñó un papel fundamental para impulsar el crecimiento económico. Sin embargo, los gobiernos se enfrentaron a restricciones fiscales y la necesidad de encontrar fuentes alternativas de financiamiento para satisfacer la creciente demanda de infraestructura, la cual se vio impulsada por las presiones demográficas y el crecimiento urbano (Hammami, Ruhashyankiko & Yehoue, 2006).

La evidencia sugiere que las APP están desempeñando un papel cada vez más relevante en la prestación de servicios de infraestructura pública, tanto en Europa como en países en desarrollo (v.g., Engel, Fischer & Galetovic, 2014). Estos mismos autores describe cómo, a finales de la década de 1980, varios países a nivel mundial comenzaron a adoptar las APP como una respuesta a las dificultades políticas y los desafíos técnicos que a menudo surgen en la ejecución de proyectos de infraestructura. Según datos recopilados, entre 1990 y los años 2005-2007, la inversión en APP en Europa experimentó un crecimiento de más de cinco veces, representando el 29,0% de la inversión pública en el Reino Unido y el 21,0% en Portugal. De manera similar, en los países de ingresos bajos y medianos, la inversión en APP experimentó un incremento con una tasa de crecimiento anual promedio del 28,3% entre 1990 y 1997.

Asimismo, desde la década de 1990, en América Latina se han implementado una serie de reformas, tanto estructurales como regulatorias, que han promovido la adopción de las APP en la región. Específicamente, la primera generación de proyectos de este tipo se desarrolló en México, Colombia, Argentina y Chile, seguidos unos años después por Brasil, Perú y Costa Rica (Vassallo, 2020). De acuerdo con Perrotti & Ricardo (2011), para reducir la brecha de infraestructura en América Latina, se requería mantener niveles de inversión equivalentes al 6% del PIB durante el período 2012-2020. Sin embargo, para alcanzar esta meta, era esencial la participación del sector privado, dado que la inversión pública en la región no había superado el 2,0% - 2,5% del PIB en años anteriores. Esta mayor participación del sector privado conllevaría a mejoras en el acceso y la calidad de la infraestructura, fortalecimiento de la capacidad institucional y técnica, una asignación más eficiente de recursos públicos y la atracción de inversiones privadas a largo plazo.

II. Capítulo 2.
Impacto macroeconómico de la inversión en infraestructura de transporte

Se usan cuatro aproximaciones para examinar desde diferentes perspectivas las contribuciones macroeconómicas de la infraestructura, que se presentan en las secciones 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4. Por la relación directa entre la infraestructura de transporte y el sector de obras civiles, y su papel en la reactivación económica, se presenta una perspectiva de este último sector en el Apéndice 2.

2.1. Impacto de la infraestructura como bien que descongestiona al capital privado y aumenta la tasa de crecimiento

Los impactos del aumento de la dotación de infraestructura sobre el crecimiento se pueden calcular con ayuda de un modelo de crecimiento (Steer-Fedesarrollo 2022; ver Apéndice 3) que relaciona el cociente entre el capital público (infraestructura de transporte) y el capital privado, con la tasa de crecimiento del PIB.

La Tabla 1 muestra que en los últimos 10 años (FMI 2021), el cociente entre capital público (PLC); *incluye el acervo de capital en APP*) y capital privado (PRI) se ha mantenido estable, y alcanzó el valor máximo de la década (0,25) en 2019.

Supóngase que la política pública consiste en elevar el cociente entre capital público y privado de Colombia, de 0,254 a 0,259 en un año. Si la tasa de crecimiento del capital privado se mantuviera en 5,8% anual para el siguiente año, el capital público debería crecer al 6,8% para cumplir con esta política. El incremento de 0,005 en el cociente exigiría a una inversión total de 2017 US$ 7,54 mil millones en un año.

Si se asume que el 20% de la inversión incremental para elevar el cociente proviene de infraestructura de transporte interurbana (2017 US$ 1,51 mil millones), un choque de US$ 1,51 mil millones (0,21% del PIB de

Tabla 1.
Evolución del cociente entre Capital Público y Capital Privado en Colombia

Año	Capital Público (PLC)	Capital Privado (PRI)	PLC/PRI
2010	170,6	753,3	0,2265
2011	179,2	805,9	0,2224
2012	192,0	863,7	0,2223
2013	207,7	918,9	0,2260
2014	225,3	978,6	0,2302
2015	244,4	1047,1	0,2334
2016	263,9	1116,7	0,2363
2017	286,3	1177,2	0,2432
2018	307,4	1236,6	0,2486
2019	328,2	1294,6	0,2535

Fuente: FMI (2021). Valores en 2017 en miles de millones de US$. El capital público incluye el capital APP.

2017) en infraestructura de transporte aumentaría la tasa de crecimiento del PIB en 0,22%. Este resultado captura el valor de ´descongestionar´ al capital privado con inversiones en infraestructura de transporte, que se revela a través de un aumento de la tasa de crecimiento de la economía.

2.2. Impactos de la infraestructura en Colombia en agregados macroeconómicos y bienestar

Se utilizan diferentes aproximaciones para cuantificar el impacto macroeconómico de la inversión en infraestructura en la economía.

En primer lugar, se calculan los efectos multiplicadores del incremento de las inversiones en los sectores relacionados con la infraestructura de transporte, partiendo de la matriz insumo-producto-MIP (DANE, 2017). Esta matriz permite observar cómo los insumos de un sector se utilizan en la producción de otro sector en la economía colombiana, así como cómo los productos finales de un sector son utilizados como insumos en otros sectores. Esta metodología permite calcular los *efectos directos*, ocasionados por el incremento en la producción de todos los sectores que sirven como insumo al sector, y los *efectos indirectos*, que ocurren cuando se incrementa la demanda de insumos por parte de los proveedores del sector, poniendo en movimiento toda la cadena productiva.

El sector de la construcción, que abarca tanto obras civiles como edificaciones, destaca por su alto impacto en la economía. En la Gráfica 1A, se puede ver que su multiplicador total de producto es de 2,2, lo que lo sitúa en el segundo lugar entre las principales ramas de la economía en términos de efecto multiplicador. Además, este impacto positivo se traduce en un aumento significativo del empleo. En la Gráfica 1B, se puede apreciar que su multiplicador de empleo es de 20,7 por cada mil millón de pesos, lo que lo ubica en el quinto lugar entre las principales ramas de la economía.

Es decir, por cada peso invertido en construcción, se generan 2,2 pesos en producción y por cada mil millón de pesos 20,7 empleos en la economía nacional. La construcción está capacidad de jalonar más de 30 subsectores para su producción y tiene alta generación de empleo. Los resultados obtenidos son consistentes con las estimaciones previas que se encuentran en la literatura[3].

En segundo lugar, se calculan los multiplicadores para los subsectores de ´infraestructura de transporte´ y ´servicios de transporte´ utilizando una matriz de contabilidad social (SAM, por sus siglas en inglés) construida a partir de información de cuentas nacionales (DANE, 2017)[4]. Esta metodología permite calcular, además de los efectos e indirectos, los efectos inducidos, que son aquellos que resultan cuando el pago de salarios del sector de obras civiles y todas sus actividades conexas permite un mayor gasto de los hogares, incrementando la demanda total de la economía.

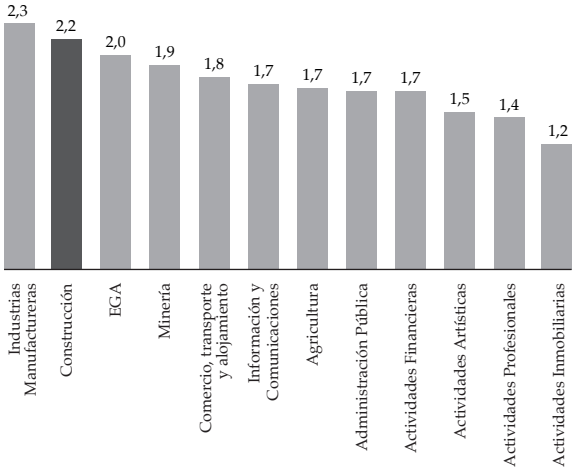
En el caso del sector de obras civiles, se encuentra un multiplicador de 2,25 para el PIB, 2,46 para salarios y 4,90 para impuestos. Esto significa que cada peso invertido en obras civiles se traduce en un aumento de 2,25 pesos en la producción nacional, 2,46 pesos en salarios y 4,90 pesos en impuestos. Por otro lado, los multiplicadores para el sector de servicios de transporte terrestre son 2,20 en PIB, 2,53 en salarios y 7,91 en impuestos.

3 El multiplicador de inversión en construcción con respecto a la producción se ubica en un intervalo que fluctúa entre $2 y $3 pesos por cada peso invertido, mientras que el multiplicador de empleo varía en un rango de 15 a 30 empleos por cada mil millones de pesos invertidos. Ramírez-Giraldo et al. (2021) estiman que una inversión de $1.000 millones en infraestructura genera $2,26 miles de millones en producción, 17,59 empleos y $0,94 miles de millones en valor agregado. Además, Salazar et al. (2017) utilizando la MIP de 2015, reveló que la magnitud de los encadenamientos hacia atrás en la producción para el sector de obras civiles es de 2,7 por cada $1 peso, y que el efecto total en el empleo es que una inversión en este sector de $1 billón genera 28.204 empleos.

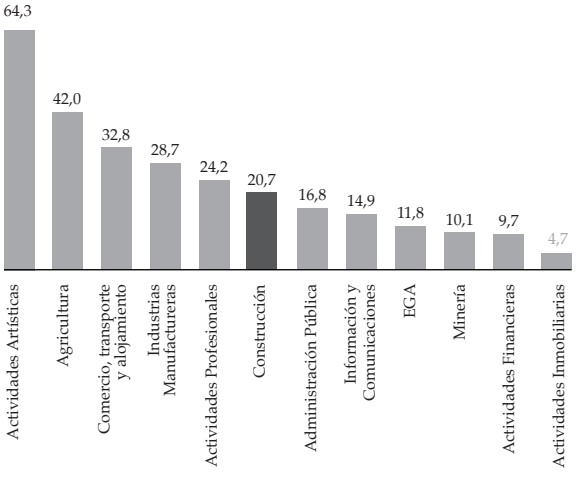
4 La SAM es una extensión de la matriz insumo-producto, donde además de las transacciones entre 26 sectores se incluyen las transacciones entre los sectores, los hogares y las instituciones.

Gráfica 1.
Multiplicadores hacía atrás principales actividades económicas

Panel A.
Generación de producción por un incremento de $1 peso



Panel B.
Generación de empleo por un incremento de $1.000 millones de pesos



Fuente: DANE. Cálculos Fedesarrollo.

Ambos sectores presentan multiplicadores significativos dentro de los 26 sectores económicos modelados, lo que destaca el papel dinamizador de la inversión en infraestructura el agregado de la economía, especialmente en momentos de desaceleración o recesión.

Los dos modelos planteados comprueban que la infraestructura es uno de los sectores más importantes en términos de sus efectos multiplicadores en la economía, lo que la convierte en una opción natural para aplicar medidas contracíclicas, especialmente en épocas de desaceleración económica como la actual.

En tercer lugar, se utiliza la metodología propuesta por Mejía y Delgado (2020) con los datos públicos disponibles a la fecha. Se empleó el modelo de equilibrio general computable de Fedesarrollo (ECoFede), para estimar el impacto en el crecimiento económico, la tasa de desempleo y la pobreza monetaria en Colombia de los 28 proyectos 4G, más los 16 proyectos de infraestructura 5G, que tienen un CAPEX estimado de 22,7 billones de pesos.

El modelo de equilibrio general permite incluir los efectos de la inversión no sólo sobre el sector de construcción y obras civiles, sino sobre los sectores que tienen encadenamientos productivos con estos dos sectores, como industria, servicios privados, servicios sociales y administración pública, por lo que también parte de la MIP y la SAM[5].

Los resultados actualizados del modelo de equilibrio general indican que un incremento del 0,7% del PIB en la inversión en infraestructura durante los próximos 10 años generaría un aumento de 1 pp en la tasa de crecimiento económico. Como resultado, la tasa de desempleo disminuiría en un promedio anual

5 El modelo ECoFede busca igualar la oferta y demanda agregada en distintos mercados mediante la solución de un sistema de ecuaciones, en el cual los agentes actúan de forma racional y optimizan su utilidad. La economía del modelo está compuesta por hogares, firmas, gobierno y resto del mundo, con 4 sectores transables y 6 no transables. Para más detalle ver Mejía y Delgado (2020).

de 0,8 puntos porcentuales y la tasa de pobreza se reduciría en 0,6 puntos porcentuales.

Como se observa, cada peso invertido en este sector más que duplica su valor en la producción nacional, lo que resulta en efectos positivos para el empleo y la reducción de la pobreza.

2.3. Impacto de la reducción de la inversión en infraestructura vial sobre el PIB potencial

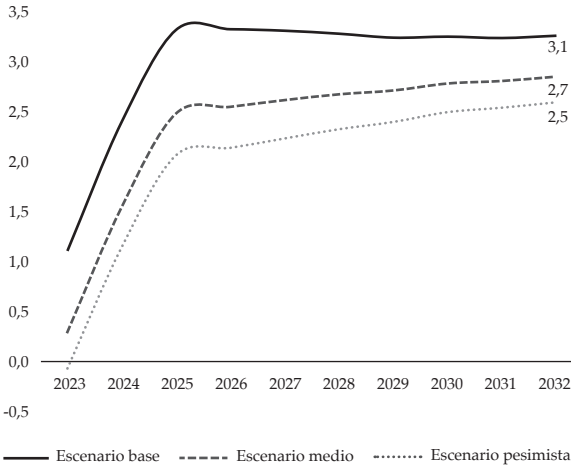
Fedesarrollo ha enfatizado en diversas ocasiones que una estrategia clave para promover el crecimiento sostenible en el corto y mediano plazo es invertir en infraestructura, lo que incluye tanto la culminación de los proyectos viales 4G como la implementación de los proyectos 5G y la aceleración de la ejecución de los proyectos financiados con regalías (Fedesarrollo, 2023).

En esta subsección se estima el impacto que tendría la reducción de inversión en infraestructura de transporte mediante Asociaciones Público-Privadas (APP) sobre el PIB potencial:

- En un escenario medio que contempla la finalización de los proyectos 4G, pero con retrasos en las obras 5G y sus correspondientes pérdidas sobre el crecimiento económico, se espera que el *crecimiento a largo plazo sea 0,4 puntos porcentuales por debajo del potencial del escenario base* (3,1%).
- En un escenario pesimista que considera retrasos en las dos generaciones de obras en los próximos años, se proyecta *una disminución de 0,6 puntos porcentuales por debajo del potencial del mismo escenario base*.

Estos escenarios hacen claro que la falta de inversión en vías resultaría en pérdidas económicas significativas, como se observa en la Gráfica 2.

Gráfica 2.
Estimación de PIB potencial, tres escenarios



Fuente: DANE. Cálculos Fedesarrollo.

2.4. Fortaleza de los vínculos hacia adelante y hacia atrás de los sectores relacionados con el transporte

El impacto de la inversión en infraestructura y en servicios de transporte sobre la economía se puede examinar también midiendo *la fortaleza de los vínculos de estos dos sectores hacia adelante y hacia atrás, con el resto de la economía*. Como en los cálculos de la subsección 2,2, se parte de la matriz insumo-producto de Colombia.

La *fortaleza de los vínculos directos hacia atrás* (FAT) de un sector *j* se calcula sumando los componentes de la columna *j* de la matriz de coeficientes técnicos. Esto representa las *compras* del sector *j* a los demás sectores como porcentaje de la producción total del sector.

La fortaleza de los vínculos directos hacia adelante (FAD) de un sector *i* se calcula sumando los componentes de la fila *i* de la matriz de coeficientes técnicos. Esto representa las *ventas* del sector *i* a los demás sectores como porcentaje de las ventas totales del sector.

Según Chenery y Watanabe (1958), es posible normalizar cada una de estas medidas con respecto al promedio de las fortalezas de todos los sectores, y

llamando a estas medidas FAT y FAD, respectivamente, de tal manera que sea posible realizar la siguiente clasificación de los sectores de acuerdo con el tipo de vínculo que generan con las demás actividades productivas (Tabla 2).

Tabla 2.
Clasificación de los sectores por la fortaleza de sus vínculos directos hacia atrás (FAT) y hacia adelante (FAD)

	FAT < 1	**FAT > 1**
FAD > 1	Base: baja demanda intermedia, pero muy requerido por los demás sectores	Clave: alta demanda de productos intermedios e insumo muy requerido por los demás sectores
FAD < 1	Independiente: baja demanda de productos intermedios, producción para consumo final	Fuerte arrastre: alta demanda de productos intermedios, producción para consumo final

Fuente: Schuschny (2005)

La Tabla 3 muestra el resultado de los cálculos de estos indicadores para los dos sectores analizados. Estos cálculos son independientes son sectoriales, con independencia del vehículo de inversión utilizado.

Tabla 3.
Medición de la fortaleza de encadenamientos directos hacia atrás (FAT) y hacia adelante (FAD) en Colombia para los sectores relevantes al estudio

Sectores	**FAT directo**	**FAD directo**
Obras civiles	1.369	0.442
Servicios de transporte	1.596	1.316

Fuente: Cálculos Fedesarrollo.

De acuerdo con la clasificación, el sector de obras civiles es un sector **Base** (es decir, tiene baja demanda intermedia, pero es muy requerido por los demás sectores), mientras que el sector de servicios de servicios de transporte es un sector **Clave** (tiene una alta demanda de productos intermedios y al tiempo es un insumo muy requerido por los demás sectores).

2.5. Balance de los impactos macroeconómicos

Los ejercicios realizados en este capítulo arrojan los siguientes resultados:

- La inversión en infraestructura ´descongestiona´ al capital privado, aumenta su productividad y la tasa de crecimiento del PIB. Un choque de US$ 1,51 mil millones en infraestructura de transporte aumentaría la tasa de crecimiento del PIB en 0,22%, gracias al potencial habilitante de la infraestructura para la dinámica empresarial.
- La inversión en obras civiles y en servicios de transporte terrestre tiene un efecto multiplicador amplio sobre el PIB, la creación de empleo directo e indirecto, y el recaudo de impuestos. Cada peso invertido en obras civiles se traduce en un aumento de 2,25 pesos en la producción nacional, 2,46 pesos en salarios y 4,90 pesos en impuestos. Por otro lado, los multiplicadores para el sector de servicios de transporte terrestre son 2,20 en PIB, 2,53 en salarios y 7,91 en impuestos.
- Los retrasos en las inversiones en infraestructura que se originarían en la incertidumbre para las APP en transporte podrían reducir el crecimiento de la economía en órdenes del 0,5% del PIB.
- Medido por la fortaleza de sus vínculos en las compras y ventas a otros sectores, el sector de obras civiles se destaca porque lo requieren ampliamente los demás sectores, y el sector de servicios de transporte pide muchos insumos al resto de la economía y al tiempo es esencial para la dinámica de los demás sectores.

III. Capítulo 3. Evolución de la inversión en infraestructura de transporte en Colombia

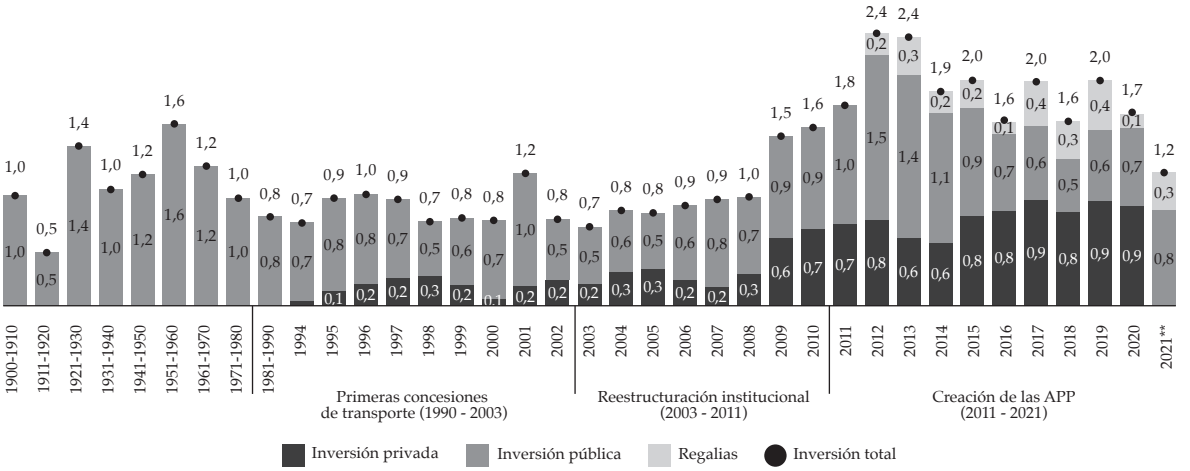
3.1. Perspectiva general

La evolución de la inversión en infraestructura en Colombia se presenta en la Gráfica 3. Durante el periodo comprendido durante el siglo XX, la inversión en transporte se mantuvo en promedio en el 1,0% del PIB, con excepción de la década de los años 50 y 60, en la que alcanzó el 1,6% del PIB debido a cambios en la estructura económica, un mayor proceso de urbanización y transición demográfica (Ramírez et al., 2021).

Desde el inicio del siglo XXI, la inversión en transporte ha experimentado un aumento en su promedio cercano al 1,5% del PIB, registrándose un pico en el año 2012 con un 2,4% del PIB invertido en dicho sector. Más recientemente han surgido problemas de financiamiento que se reflejan en una caída de la inversión al 1,3% del PIB en el periodo 2017-2018.

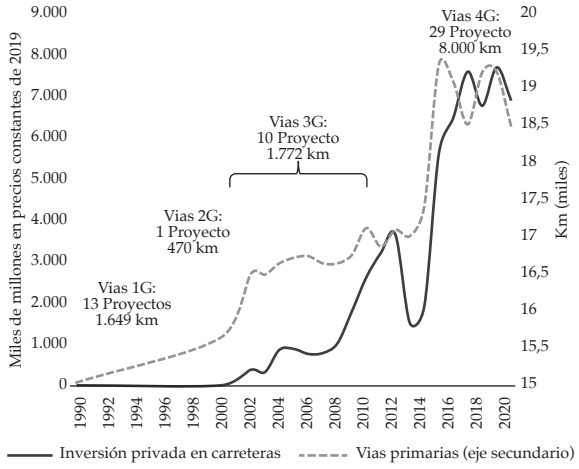
La vinculación del capital privado para el desarrollo de infraestructura pública en Colombia se inició en la década de los noventa con la primera concesión portuaria. La vinculación de capital privado en infraestructura vial para más de 50 proyectos en las diferentes generaciones de concesiones viales otorgadas a partir de 1990 se presenta en la Gráfica 4. La realización de proyectos de infraestructura ha resaltado la importancia de involucrar al sector privado en la evaluación de riesgos y desarrollo de infraestructura nacional, y la necesidad de estructurar proyectos que cumplan con criterios ASG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza), lo que ha generado mayor interés por parte de los inversionistas y financiadores en invertir en este sector (CCI, 2022).

Gráfica 3.
Inversión en infraestructura de transporte en Colombia (1910 – 2021)*
(% PIB)



Fuente: Cálculos propios con base en Alvear (2008) DNP (2020a), Ramírez-Giraldo, M. T. et al (2021), Ministerio de transporte (2021), SGR (2021) y MHCP (2022).
*A partir de 2011, los datos de inversión pública se extrajeron del reporte SIIF del MHCP.
**No hay información disponible sobre la inversión privada para 2021.

Gráfica 4.
Inversión privada en carreteras y vías primarias (1990 – 2019) *



Fuente: Cárdenas et al. (2005) y Ministerio de Transporte (2021).
*Los kilómetros hacen referencia a construcción y mantenimiento.

3.2. Inversiones en todos los modos de infraestructura de transporte en los últimos 20 años

En los últimos 25 años el Gobierno nacional ha estructurado y concesionado con aportes privados un total de 56 proyectos viales, 16 aeropuertos, 61 concesiones portuarias y 2 concesiones férreas. La evolución de la inversión en todos los modos de infraestructura de transporte se presenta en la Tabla 4.

Se destaca el aumento en el total de inversiones privadas, que entre 2002 y 2019 se multiplicó por 13,6 en términos nominales. En términos modales, la infraestructura carretera representa el 90% de la inversión privada en 2019. El total de inversiones de COP$ 12,4 billones en 2019 representaron el 62% de las aspiraciones de inversión anual de COP$ 20 billones contempladas en el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI 2015).

Con el modelo de APP, Colombia ha construido cerca de 10,000 km de vías primarias, que no se hubieran podido adelantar totalmente mediante obra pública en las condiciones fiscales del país, y que no se hubieran podido construir y operar con las especificaciones de desempeño que incentiva el contrato de concesión.

IV. Capítulo 4. Instituciones para atraer inversión privada en infraestructura y evolución en la asignación de riesgos[6]

4.1. Avances institucionales

La inversión privada en una APP se efectúa con la expectativa de recibir flujos de caja que remuneren el costo del capital y el desempeño eficaz del operador durante el periodo de esta. Un concesionario puede gestionar y retener riesgos razonables, pero sólo estará dispuesto a hacer un aporte patrimonial sustancial por un plazo largo si existen condiciones de estabilidad jurídica, institucional y en el objeto del contrato.

El alcance de la participación privada en infraestructura vial depende de la capacidad pública de diseñar estructuras financieras con perfiles de repago que puedan remunerar los riesgos asumidos por todos los financiadores privados. Este perfil de repago podría incluir no sólo peajes, aportes, garantías y mejoras crediticias, sino también la cesión de derechos exclusivos de desarrollo de finca raíz en las vías aledañas, si fuere necesario. Más importante aún es la estabilidad de las reglas definidas y la eliminación de incertidumbre para poder atraer inversionistas en negocios de largo aliento.

Entre 2011 y 2022, se realizaron avances para promover concesiones bajo el esquema de APP, que incluyen desarrollos eficaces y progresivos en los frentes contractual, de gestión ambiental y de coordinación interinstitucional. Esta modernización institucional ha permitido que al sector ingresen mayores recursos de

6 Benavides (2021).

Tabla 4.
Evolución de la inversión en todos los modos de infraestructura de transporte (Millones de pesos corrientes) 2002-2019

Inversión Total en Infraestructura	**2002**	**2010**	**2019**
Total Infraestructura	**1.485.850**	**8.070.937**	**12.397.257**
Transporte	1.485.850	8.070.937	12.397.257
Carreteras	949.908	5.014.599	10.091.519
Ferrocarril	150.012	109.341	175.586
Puertos	53.529	841.250	382.601
Aeropuertos	75.826	776.686	1.087.945
Fluvial	4.016	15.605	48.094
Sistemas de Transporte Masivo	249.864	1.000.862	278.209
Ministerio de Transporte	2.696	312.594	333.304
Inversión Privada en Infraestructura	**2002**	**2010**	**2019**
Total Privada en Infraestructura	**400.897**	**3.083.000**	**5.469.028**
Transporte	400.897	3.083.000	5.469.028
Carreteras	231.935	1.906.000	4.900.938
Ferrocarril	107.625	79.000	81.980
Puertos	47.272	643.000	288.319
Aeropuertos	14.065	455.000	197.791
Fluvial	0	0	0
Sistemas de Transporte Masivo	0	0	0
Ministerio de Transporte	0	0	0
Inversión Pública en Infraestructura	**2002**	**2010**	**2019**
Total Pública en Infraestructura	**1.084.953**	**4.987.937**	**6.928.229**
Transporte	1.084.953	4.987.937	6.928.229
Carreteras	717.973	3.108.599	5.190.581
Ferrocarril	42.387	30.341	93.606
Puertos	6.257	198.250	94.282
Aeropuertos	61.761	321.686	890.154
Fluvial	4.016	15.605	48.094
Sistemas de Transporte Masivo	249.864	1.000.862	278.209
Ministerio de Transporte	2.696	312.594	333.304

Fuente: DNP (2020a).

inversión privada. Los avances más relevantes se enumeran a continuación:

- La Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) sustituyó al Instituto Nacional de Concesiones (Inco) en 2011. A partir de las recomendaciones de la Comisión de Infraestructura de 2012, se creó la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN), La ANI y la FDN son entidades con capacidades de gestionar APP y estructurar proyectos con estándares internacionales. Este mismo año se crea el Viceministerio de Infraestructura del Ministerio de Transporte.
- La Ley 1474 de 2011 estableció que debía prevalecer el principio de transparencia en la contratación y un nivel mínimo de diseño para licitar proyectos[7]. Posteriormente, la Ley 1508 de 2012 y sus decretos reglamentarios establecieron un régimen jurídico específico para las APP. Los contratos de concesión eliminan los anticipos y efectúan pagos por disponibilidad y de acuerdo con los niveles de servicio.
- El Documento CONPES 3760 de 2013, y el Documento CONPES 3800 de 2014 adoptaron la política para desarrollar los proyectos de la Cuarta Generación de Concesiones bajo APP.
- El Plan Maestro de Transporte Intermodal 2015-2016 (PMTI) trazó una hoja de ruta a largo plazo para el desarrollo de infraestructura de transporte de una forma ordenada, competitiva y eficiente; apuntándole al crecimiento económico estratégico al conectar las regiones y los centros de producción con las exigencias del comercio exterior. El PMTI 2015-2016 es un avance institucional al haber hecho explícitos los propósitos del transporte en la economía y la vida regional, haber propuesto corredores como unidad de análisis y con una visión de largo plazo, haber propuesto corredores transversales, y haber propuesto, costeado y priorizado intervenciones para hacer un buen uso de los recursos de inversión.
- La Ley 1882 de 2018 tiene como fundamentos la promoción de la pluralidad de oferentes, el fortalecimiento de la transparencia y la adopción de buenas prácticas, partiendo del reconocimiento cotidiano de las experiencias que se presentan en la contratación (Ramírez et al., 2021). Esta Ley propone pliegos tipo y una fórmula de liquidación de los contratos de APP en casos de terminación anticipada por nulidad.
- El Documento CONPES 4060 de 2021 amplía el rango de aplicación de las APP a todos los modos de infraestructura de transporte, y precisa los criterios de sostenibilidad ambiental, social y de gobierno (ESG) en concesiones, en lo que constituye la Quinta Generación de concesiones. Se identifica la necesidad de asignar y gestionar el riesgo de cambio climático para los nuevos proyectos de concesión.
- Con la puesta en operación de la Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte (UPIT) en 2022, se abre la oportunidad de avanzar, por lo menos, en los siguientes aspectos de la planificación de la infraestructura de transporte en Colombia: (i) introducción de métodos de abajo-hacia-arriba para derivar necesidades de los habitantes y la producción de los entes territoriales; (ii) introducción de criterios de priorización adicionales al análisis de eficiencia económica; (iii) modelaje de los flujos comerciales dentro del país para anticipar necesidades de apoyo con la red de transporte; (iv) innovación en financiación; (v) y apoyo a Mintransporte en la formulación de la política nacional de transporte como plataforma de crecimiento y bienestar.
- El PMTI se actualizó en 2022 con la incorporación de un análisis costo beneficio de cada proyecto sobre toda la red y en un contexto de decisión ampliado. El modelo de priorización del PMTI 2015-2016 incluía los atributos de Eficiencia y Equidad. En el PMTI 2022 se añadieron los criterios de Resiliencia y de Tecnología. Los dos segundos atributos incorporan la necesidad de mejorar la resiliencia de la

7 El artículo 87 de esta Ley establece que para la realización de una obra se requiere como mínimo un nivel de diseño en Fase II. La entidad contratante deberá contar con los estudios y diseños que permitan establecer la viabilidad del proyecto y su impacto social, económico y ambiental.

red ante amenazas climáticas y de incorporar las oportunidades de gestión óptima de las redes con conectividad inteligente (Steer-Fedesarrollo 2022).

4.2. Evolución de la asignación del riesgo en concesiones en Colombia

La evolución de la asignación de riesgos en las cuatro generaciones del modo carretero se presenta en la Tabla 5.

Estos resultados deben estudiarse en conjunto con los avances en incentivos al desempeño que se incluyen en el contrato de concesión de cuarta generación:

- No se realizan avances monetarios públicos al concesionario en caso de que se requieran para lograr la rentabilidad del proyecto.
- Los apoyos públicos se realizan de manera anual y están asignados en el marco fiscal de mediano plazo. El concesionario debe completar unidades funcionales para acceder al cobro de peajes y recibir aportes del presupuesto general de la Nación, cuando los hubiere.
- Los pagos se afectan por índices de desempeño, para asegurar un mantenimiento y una gerencia que maximicen la utilización y la calidad del servicio.

La asignación de riesgos de acuerdo con las mejores prácticas internacionales y la utilización de una estructura contractual que protege al interés público de potenciales comportamientos arriesgados de los concesionarios ha sido objeto de reconocimientos internacionales, como se consigna en el Capítulo 5.

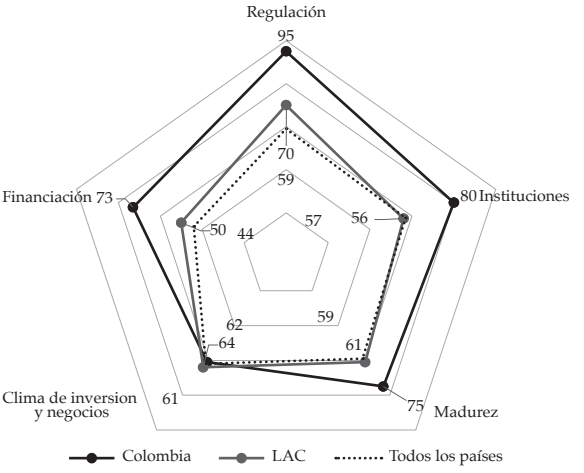
V. Capítulo 5. Comparación internacional

5.1. Reconocimientos por la banca multilateral de los avances de APPs en el país

El Índice de Infrascope es una herramienta que evalúa el ambiente para las APPs en América Latina y el Caribe (ALC) mediante la recopilación de datos y la elaboración de un ranking que mide el desempeño de los países en cinco áreas clave: marco institucional, financiero, regulatorio, de gestión y de transparencia. Desde la edición de 2012, el país se ha mantenido en el top 5 entre los países América Latina y el Caribe (ALC).

En la publicación de Infrascope de 2020, Colombia ocupó la segunda posición respecto a los pares de la región, superado en 2 puntos por Chile (Colombia: 77 puntos vs Chile: 79 puntos) y la cuarta posición entre los países en desarrollo evaluados, superado por países como Tailandia, Chile y China. Los puntajes por rubro individual calificado y su comparación con el promedio de LAC se presentan en la Gráfica 5.

Gráfica 5.
Índice Infrascope 2020



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo.
Elaboración Fedesarrollo.

Tabla 5.
Evolución de la asignación de riesgos en los contratos de concesión

Riesgo	1a generación (1993)		2a generación (1997)		3a generación (2008)		4a generación (2013)	
	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado
Peajes e incremento tarifario	100%		100%		100%		100%	
Fuerza mayor no asegurable	100%		100%		100%		100%	
Riesgo de operación		100%		100%		100%		100%
Riesgo cambiario	Cubrimiento servicio de deuda	Otros riesgos cambiarios	Cubrimiento servicio de deuda	Otros riesgos cambiarios	Pagos vigencias en dólares	Otros riesgos cambiarios	Pagos vigencias en dólares	Otros riesgos cambiarios
Tráfico	100%			100%	100%		100%	
Ambiental	100%		100%		Parcial (Únicamente sobrecostos)	Gestión	Parcial (sobrecostos compartidos)	Parcial (sobrecostos compartidos + licencias)
Predial	100%		100%		Parcial (Únicamente sobrecostos)	Gestión	Parcial (sobrecostos compartidos)	Parcial (sobrecostos compartidos + licencias)
Diseño y construcción	50%	50%		100%		100%		100%
Cambio tributario		100%		100%		100%	Compartido	Compartido
Financiación		100%		100%		100%		100%
Fuerza mayor asegurable		100%		100%		100%		100%

Fuente: Elaboración propia con base en documentos CONPES DNP.

El informe destacó que Colombia tiene un marco legal y regulatorio sólido para las APPs y que ha implementado reformas que mejoran la transparencia y la gestión de los proyectos. También se destacó la creciente participación del sector privado en la inversión en infraestructura y la presencia de una gran cantidad de instituciones financieras especializadas en el sector.

Sin embargo, el informe también señaló que hay áreas en las que Colombia puede mejorar su ambiente para las APPs, como la necesidad de aumentar la eficiencia en la ejecución de los proyectos, mejorar la calidad de la planificación y reducir las barreras para la participación del sector privado en proyectos de menor escala.

En general, la posición de Colombia en el ranking de Infrascope sugiere que el país ha hecho progresos significativos en el desarrollo de un ambiente propicio para las APPs, lo que podría tener un impacto positivo en el desarrollo de infraestructura y en el crecimiento económico a largo plazo.

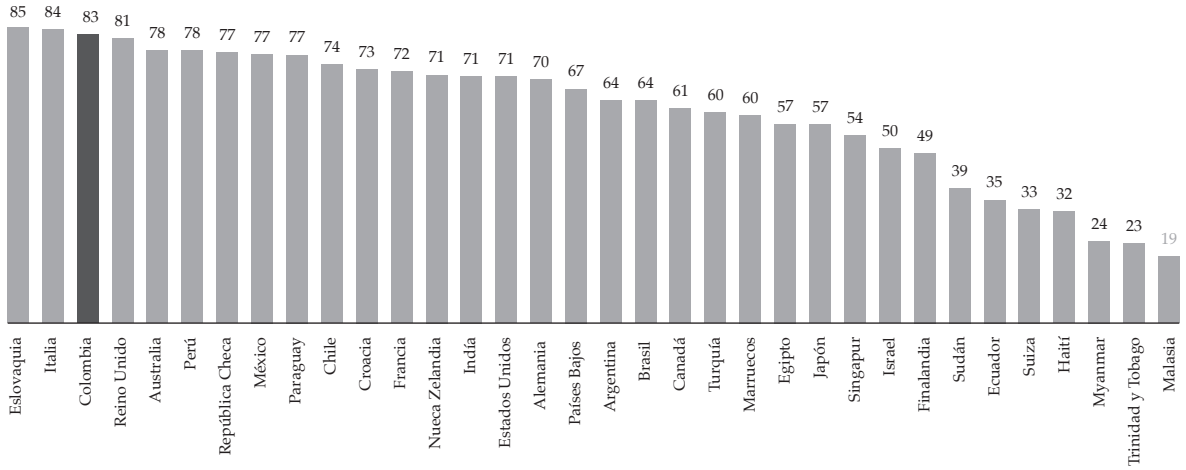
También vale la pena mencionar que, según el informe del Banco Mundial, Benchmarking Infraestructure Development (2020), Colombia es el tercer país en el desarrollo de proyectos APP, con una puntuación de 83 sobre 100, sólo superado por Eslovaquia e Italia (Gráfica 6).

5.2. Mejoras en el ranking del Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial

Colombia ha mejorado sus calificaciones en algunos de los componentes del Índice de Desempeño Logístico (LPI en inglés) del Banco Mundial. La Tabla 6 muestra la evolución del LPI de Colombia en todos sus componentes.

Entre 2012 y 2018, Colombia tuvo un índice promedio de LPI de 2,77. Se destaca un crecimiento del índice de 12,64% entre 2016 y 2018, que se explica por un aumento en todos los componentes. Esto implicó que el país avanzara 36 posiciones en el ranking del LPI, al pasar del puesto 94 al 58 entre 2016 y 2018. Este avance ha sido posible gracias a la implementación de políticas públicas orientadas a mejorar la infraestructura de transporte, la logística y la conectividad en el país, así como a la implementación de tecnología y mejores prácticas en los procesos logísticos.

Gráfica 6.
Desarrollo de Proyectos APP



Fuente: Banco Mundial (2020). Elaboración Fedesarrollo.

Tabla 6.
Evolución del LPI de Colombia 2012-2018

Año	Aduana	Infraestructura	Envíos internacionales	Calidad de los servicios logísticos	Rastreo y seguimiento	Oportunidad	Puntaje LPI global
2012	2.65	2.72	2.76	2.95	2.66	3.45	2.87
2014	2.59	2.44	2.72	2.64	2.55	2.87	2.64
2016	2.21	2.43	2.55	2.67	2.55	3.23	2.61
2018	2.61	2.67	3.19	2.87	3.08	3.17	2.94

Fuente: Banco Mundial (2020). Máxima calificación posible: 4.20 en el ranking correspondiente a 2018.

Colombia ha logrado importantes avances en áreas como la eficiencia de los procesos aduaneros, la calidad de la infraestructura de transporte (que se puede atribuir en buena medida a la participación privada en infraestructura), la capacidad logística y la competencia en el mercado de transporte y logística.

El último informe de la Encuesta Nacional de Logística (ENL) en 2020 permite analizar los factores que explican este resultado. En primer lugar, se encontró que los costos logísticos habrían disminuido en 0,9 pps (12,6% en 2020 vs 13,5% en 2018) y, de igual forma, el transporte habría pasado de representar cerca del 38% de los costos en 2015 al 30% en 2020.

La Encuesta Nacional Logística (ENL) de Colombia indica que, en general, el desempeño logístico del país está mejorando. En términos de los componentes del índice de desempeño logístico calculados en la ENL, el puntaje más alto se obtiene en infraestructura logística (3,68), que incluye la calidad de los puertos, aeropuertos, carreteras y ferrocarriles. El país también obtuvo una buena puntuación en la competencia y calidad de los servicios logísticos (3,32), que incluyen el transporte y almacenamiento de bienes, el seguimiento y la trazabilidad, y la gestión de inventarios

5.3. Competitividad global e infraestructura

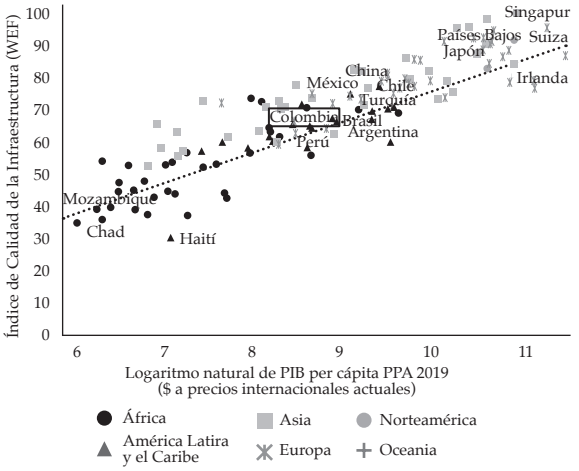
A pesar de los avances enumerados en la subsección 5.2, Colombia enfrenta desafíos importantes en términos de eficiencia logística, así como la necesidad de mejorar la calidad de las carreteras y la conectividad (lo que implica profundizar las APP por su efecto claro en desempeño de los activos construidos), la eficiencia en la gestión aduanera y la reducción de costos logísticos. El informe de la ENL también señaló que aún hay desafíos por superar en el país, como la mejora de la eficiencia aduanera y la reducción de los costos logísticos, especialmente para las pequeñas y medianas empresas.

Colombia todavía se compara desfavorablemente en calidad vial con respecto a países como Chile o México (Gráfico 7 En 2019, Colombia se ubicó en el puesto 57 entre 141 países y fue cuarto en América Latina y el Caribe en el Índice de Competitividad Global (WEF, 2019). El desempeño en infraestructura de transporte fue uno de los pilares con peor desempeño del país frente a toda la región, ocupando el puesto 81 entre los 141 países evaluados.

Este desempeño se explica en gran medida por las deficiencias en la infraestructura vial en términos de conectividad y calidad, así como en la infraestructu-

ra férrea en términos de densidad y eficiencia de los servicios de trenes. Colombia obtuvo una puntuación de 3,6 sobre 7 en infraestructura de transporte, lo que indica que aún hay mucho por mejorar en este sector para aumentar la competitividad del país a nivel global.

Gráfica 7
Calidad de vías vs Ingreso per cápita 2019



Fuente: Elaboración propia con base en Global Competitiveness Report y Banco Mundial.

* PIB per cápita 2019 a precios corrientes.

VI. Capítulo 6. Aportes, cuellos de botellas y perspectivas del modelo de APP en infraestructura de transporte en Colombia

6.1. Aportes

La institucionalidad y los protocolos de estructuración de proyectos de concesión con APP son un logro acumulado por varios gobiernos. Sus aportes provienen de la siguiente cadena de aportes socioeconómicos:

- El Estado ha atraído inversionistas sofisticados que aportan nuevas tecnologías de diseño de ingeniería y gestión de activos.
- Los proyectos son aprobados al superar la prueba de un análisis costo beneficio, lo que garantiza la adición de valor económico.
- Los proyectos de APP deben pasar además el análisis de valor por dinero, que asegura que hay más generación de valor al realizarlo mediante concesión que por obra pública.
- La competencia en las licitaciones de los proyectos APP presiona la reducción de costos y estimula la introducción de tecnologías innovadoras.
- La estructuración mediante *project financing* introduce la disciplina de los mercados de deuda y la gestión de riesgos. La exigencia de aportes patrimoniales sustanciales a los inversionistas privados disminuye los riesgos de abandono o construcción lenta. Se dinamizan y sofistican los mercados de capitales, con la introducción de instrumentos de deuda mejor adaptados a las condiciones propias de los proyectos, y mejoras crediticias.
- Los proyectos construidos, desde el instante cero, aparecen en el balance de activos del sector público, aunque sean financiados por el sector privado. El Estado reduce la presión presupuestal corriente y de mediano plazo con el estímulo a inversiones privadas en bienes públicos que siempre están en el balance del estado.
- Se generan incentivos a construir proyectos que deben funcionar de manera óptima durante el período operacional de la concesión, a diferencia de los proyectos construidos mediante contratos de obra pública que no integran diseño, financiación, construcción, operación y mantenimiento. El pago por disponibilidad incentiva decisiones conjuntas de inversión y de mantenimiento. El inversionista privado es responsable del diseño, construcción, operación y mantenimiento, gestión predial, de redes y ambiental. Si la obra sale más cara o se retrasa, sus consecuencias quedan en cabeza del privado.
- El Estado reduce la presión presupuestal corriente y de mediano plazo con el estímulo a inversiones privadas en bienes públicos que siempre están en el balance del estado.

6.2. Cuellos de botella

En su análisis del cuello de botella financiero del sector, la Comisión de Infraestructura (2019) planteó entre otros problemas del modelo de concesiones de Colombia, que:

- El proceso de estructuración de los proyectos 4G no previó el riesgo de concentración de sponsors; en ocasiones, estas compañías tienen limitada capacidad financiera para la cantidad de proyectos de los cuales son responsables, y por eso encontraron dificultades no solo para acceder a recursos de financiación, sino para cumplir con los aportes patrimoniales.
- El mercado de capitales colombiano es todavía pequeño, poco profundo, ilíquido, concentrado y relativamente costoso para la entrada de nuevos jugadores, tal como lo demuestra el informe de la Misión de Capitales (2019).

6.3. Perspectivas

Las APP de infraestructura de transporte tienen la oportunidad de reenfocar las inversiones para lograr mayor multimodalidad, resolver el problema de los accesos urbanos, profundizar la logística y estructurar una nueva generación de proyectos con mayor resiliencia ante las amenazas originadas en el cambio climático. Esos asuntos se discutieron y fueron objeto de decisiones de política en el documento Conpes 4060 de 2021.

VII. Capítulo 7. Riesgos emergentes para los concesionarios y mensaje central

En los últimos meses han surgido varias situaciones que pueden poner en riesgo la estrategia de preservar y fortalecer el esquema de APP en transporte vial en Colombia: la liquidación del Diferencial de Recaudo al año 8-DR8 y la congelación de tarifas. Estos temas se discuten de manera individual y luego se presenta el mensaje central del documento.

7.1. Liquidación del Diferencial de Recaudo al año 8 (DR8)

La primera situación problemática para las APP es la liquidación del DR8 por parte de la ANI en contratos de cuarta generación. El DR8 es un mecanismo de compensación para reducir el riesgo de demanda en iniciativas públicas en el contrato de 4G. El DR8 es la diferencia entre el valor presente del recaudo de peaje acumulado hasta el año ocho y el VPIP8, que es el valor presente ofrecido por la ANI al concesionario por concepto de recaudo de peaje hasta el octavo año, ponderado por el Índice de Cumplimiento (IC). Estas diferencias se cubren con recursos de la subcuenta de infraestructura del Fondo de Contingencias de las Entidades Estatales. El mecanismo se aplica también en los años 13 y 18 de la concesión, donde se denomina DR13 y DR18, respectivamente (Peña, 2019).

En 2022, la ANI planteó que para los períodos en los que el IC no se haya medido en una Unidad Funcional, el IC debe tomar el valor 0. Esto equivale a asumir erróneamente un incumplimiento total de las obligaciones y actividades por el concesionario durante la etapa preoperativa. El IC no puede ser 0 en esta etapa, pues el contrato de concesión de 4G establece que el IC y los niveles de servicio se miden desde el inicio de la ejecución del contrato. Para aplicar correctamente la fórmula para el cálculo de las Diferencias de Recaudo, el Índice de Cumplimiento Promedio debe calcularse con base en el Índice de Cumplimiento de los meses en los cuales cada Unidad Funcional ha sido objeto de medición de Indicadores dentro del periodo de evaluación.

La fórmula contenida en los contratos para el cálculo de las Diferencias de Recaudo permite concluir que, solamente una vez las obras son entregadas total o parcialmente al Estado, es posible hacer las mediciones de los indicadores de cumplimiento. Lo anterior es consistente con las premisas legales contenidas en

la Ley 1508 de 2012 para reconocer la retribución de los concesionarios: (i) disponibilidad de las obras, y (ii) cumplimiento de niveles de servicio.

Puesto que los DR8 de cada concesión dependen de la evolución de su tráfico específico, no existe una metodología general para estimar su nivel de impacto generalizado. Se tiene evidencia casual de que los pagos de ANI podrían ser incluso 1/3 de lo que resulta de la aplicación correcta de la fórmula.

7.2. Congelamiento de tarifas de peajes

El 16 de enero de 2023, el Ministerio de Transporte emitió el Decreto 0050 de 2023 (Mintransporte, 2023) mediante el cual se congelan los valores de los peajes en las estaciones de cobro del INVIAS (30) y de la ANI (113) durante 2023. El Decreto 0050 de 2023 dictamina que:

- El INVIAS, la ANI y el Ministerio de Transporte analicen e implementen mecanismos alternativos de financiación, entre otros, la Contribución Nacional de Valorización – CNV para compensar la congelación de tarifas de peaje del año 2023.
- La ANI atenderá las obligaciones contingentes que se generen del decreto 0050 con los recursos de la subcuenta infraestructura del Fondo de Contingencias de las Entidades Estatales.
- El Ministerio de Hacienda y Crédito Público asignará los recursos conforme a la disponibilidad presupuestal y lo establecido en el Marco Fiscal de Mediano Plazo y Marco de Gasto de Mediano Plazo del Sector Transporte.

Los estimativos iniciales de la CCI (comunicación personal con sus directivos en febrero 20 de 2023) indican que los concesionarios dejarán de percibir aproximadamente COP$ 1 billón durante 2023 por el congelamiento de las tarifas. En principio existen COP$ 6 billones disponibles en el Fondo de Contingencias, que se podrían utilizar para cubrir el congelamiento del valor de los peajes en 2023, con el entendimiento de que los recursos del Fondo de Contingencias se han calculado para cubrir riesgos asumidos por el Estado en el contrato de 4G y no los costos de decisiones discrecionales e imprevistas.

Por su parte, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público anunció que los recursos para financiar el congelamiento de peajes saldrán de la adición presupuestal que se presentará al Congreso en los próximos meses.

Las situaciones enunciadas tienen las siguientes consecuencias:

- Las innovaciones para diversificar y aumentar los ingresos más allá de los peajes o los recursos del PGN, tales como la captura del valor residual del suelo y la recompra de concesiones por su valor residual han sido recomendadas por la Comisión de Expertos de Infraestructura de Transporte (2019). Estos mecanismos toman tiempos de gestación más largos que un año, sus cobros son complejos por la desactualización catastral (en el primer caso), y sus usos finales son complejos de direccionar desde el PGN por la regla de evitar asignaciones específicas y porque los tributos al suelo están en cabeza de las autoridades regionales.
- El reconocimiento incompleto del DR8 con una IC preoperativo de 0, el retraso de tiempo finito o indefinido en los giros públicos para cubrir el congelamiento del valor de los peajes de 2023, o el congelamiento permanente de los peajes constituirían modalidades de expropiación progresiva (*creeping expropriation*) de las concesiones en etapa operativa, que se hace por la vía reglamentaria en violación de los principios y cláusulas del contrato de concesión. Esto dispararía la litigiosidad contra el Estado.
- Se estaría señalizando la intención de restablecer el modelo de obra pública en detrimento de la atracción de capital privado en infraestructura, que se inhibiría de invertir en nuevos proyectos de APP en Colombia. En el presente cuatrienio, se paralizarían las APP de 5G de iniciativa pública en proceso de estructuración o de construcción, ante la

perspectiva de que el contrato de concesión se desvirtúe explícitamente o de facto de manera imprevista. También aumentaría la litigiosidad por parte de los proyectos en construcción en caso de que el congelamiento tarifario conduzca a la imposibilidad de pago de las inversiones.

- El recorte de una inversión en APP de 22 billones de pesos en 5G en todos los modos se llenaría de manera incompleta, con menos activos que además tendrían menor calidad y desempeño. En el caso hipotético de que el estado fuera capaz de financiar el 25% de estos nuevos proyectos por obra pública, quedaría un faltante de 16,5 billones de pesos.
- En el caso de las iniciativas privadas (que se financian de manera exclusiva con el recaudo de peajes), se genera el riesgo de no poder asegurar su sostenibilidad financiera y los contratos podrían terminarse de manera anticipada (devolución de los contratos). Esto podría suceder en 10 proyectos de 4G y un proyecto de 5G,[8] dado que, por el Decreto 1082 de 2015, las IP no pueden solicitar garantías del Estado.
- La decisión de congelar las tarifas puede generar un costo permanente para el fisco. Este año los peajes deberían haber subido 13%. En 2024 deberían subir aproximadamente (1+13,3%) *(1+8,5%) - 1 = 23,5% (8,5% inflación estimada en 2023). Este incremento tiene poca viabilidad política y, como se explica adelante, podría generar un déficit permanente en los ingresos de los concesionarios, lo que conllevaría a una obligación adicional para el Estado de cubrir dichos recursos.

Con relación al punto anterior, se realizó un análisis para evaluar el impacto permanente del congelamiento de las tarifas de peajes en el período 2023-2024. Específicamente, se calculó el diferencial de los flujos de caja entre el escenario con congelamiento de tarifas permanente vs. sin congelamiento, con base a las inversiones realizadas por las concesiones durante el periodo de 2000 a 2021[9].

Según estos cálculos, se estima que el tamaño del déficit a favor de los concesionarios sería de $0,8 billones en 2023, $1,8 billones acumulado a 2024, $7,6 billones hasta 2030 hasta alcanzar un nivel de cerca de $13,8 billones al año 2040[10]. Asimismo, se realizó un cálculo similar a partir del fujo de recaudo de peajes observado en 6 de las principales concesiones de 4G[11]. En este caso, el déficit de estos proyectos sería de cerca de $2,1 billones a 2040.

7.4. Mensaje central

Recogiendo lo desarrollado en los capítulos anteriores, con la promoción de las APP en infraestructura de transporte, Colombia ha avanzado en los siguientes aspectos:

- El Estado ha atraído inversionistas sofisticados que aportan nuevas tecnologías de diseño de ingeniería y gestión de activos.
- Los proyectos se aprueban al superar la prueba de un análisis costo beneficio, lo que garantiza la adición de valor económico.
- Los proyectos de APP deben pasar además el análisis de valor por dinero, que asegura que hay más

8 Estos proyectos son: Ampliación Tercer Carril Bogotá-Girardot; Cambao-Manizales; Chirajara-Fundadores; Neiva-Espinal-Girardot; Accesos Norte a Bogotá; Vías del Nus; y Antioquia-Bolívar en 4G; Ruta Caribe; Barranquilla-Cartagena y Circunvalar de la Prosperidad en 5G.

9 Para su cálculo se conforman 5 grupos de concesiones distintos cuya maduración promedio del proyecto es de 25 años, es decir, el último proyecto finaliza en 2040. Además, se utiliza una tasa de descuento del 3,4% para obtener una estimación de los recursos que debería cubrir el Estado en el largo plazo en valor presente y se utiliza una tasa de crecimiento del tráfico del 10%. Asimismo, se considera que aproximadamente el 80% de la financiación se obtiene a través de los ingresos generados por los peajes.

10 Estimaciones hechas por las propias concesiones de la CCI (con metodologías distintas a las usadas por Fedesarrollo) indican que este nivel podría superar los 13 billones de pesos.

11 Proyectos: 1) Armenia - Pereira – Manizales; 2) Autopista Conexión Pacífico; 3) Cartagena – Barranquilla Circunvalar de la Prosperidad; 4) Nueva Malla Vial del Valle del Cauca Corredor Accesos Cali y Palmira; 5) Ruta del Sol - Sector 3 y 6) la IP - Malla vial del Meta. En su conjunto, representaron cerca del 30% del recaudo en 2022 (Aniscopio, 2023).

generación de valor al realizarlo mediante concesión que por obra pública.
- La competencia en las licitaciones de los proyectos APP presiona la reducción de costos y estimula la introducción de tecnologías innovadoras.
- La estructuración mediante *project financing* introduce la disciplina de los mercados de deuda y la gestión de riesgos. La exigencia de aportes patrimoniales sustanciales a los inversionistas privados disminuye los riesgos de abandono o construcción lenta. Se dinamizan y sofistican los mercados de capitales, con la introducción de instrumentos de deuda mejor adaptados a las condiciones propias de los proyectos, y mejoras crediticias.
- Los proyectos construidos, desde el instante cero, aparecen en el balance de activos del sector público, aunque sean financiados por el sector privado.
- El pago por disponibilidad incentiva decisiones conjuntas de inversión y de mantenimiento. El inversionista privado es responsable del diseño, construcción, operación y mantenimiento, gestión predial, de redes y ambiental. Si la obra sale más cara o se retrasa, sus consecuencias quedan en cabeza del privado. Se generan incentivos a construir proyectos que deben funcionar de manera óptima durante el período operacional de la concesión, a diferencia de los proyectos construidos mediante contratos de obra pública que no integran diseño, financiación, construcción, operación y mantenimiento.
- El Estado reduce la presión presupuestal corriente y de mediano plazo con el estímulo a inversiones privadas en bienes públicos que siempre están en el balance del estado.

Adicionalmente, las concesiones mediante APP han aportado al crecimiento económico, tanto por la vía de los encadenamientos hacia atrás de las obras civiles, como por la reducción de los costos de transporte, que aumentan la competitividad del país. Los recursos frescos de inversión en el sector tienen los siguientes impactos macroeconómicos:

- Un choque de US$ 1,51 mil millones (0,21% del PIB de 2017) en infraestructura de transporte aumentaría la tasa de crecimiento del PIB en 0,22%. Este resultado captura el valor de ´descongestionar´ al capital privado con inversiones en infraestructura de transporte, como se advirtió en la actualización del Plan Maestro de Transporte Intermodal 2022 (Steer-Fedesarrollo 2022).
- Por cada incremento de la inversión en infraestructura del 0,7% del PIB en promedio anual durante los próximos 10 años, la tasa de crecimiento económico aumentaría en 1 punto porcentual. Esto se traduciría en una reducción promedio de la tasa de desempleo de 0,8 puntos porcentuales, y una reducción de la tasa de pobreza de 0,6 puntos porcentuales.
- La inversión en obras civiles y en servicios de transporte terrestre tiene un efecto multiplicador amplio sobre el PIB, la creación de empleo directo e indirecto, y el recaudo de impuestos. Cada peso invertido en obras civiles se traduce en un aumento de 2,25 pesos en la producción nacional, 2,46 pesos en salarios y 4,90 pesos en impuestos. Por otro lado, los multiplicadores para el sector de servicios de transporte terrestre son 2,20 en PIB, 2,53 en salarios y 7,91 en impuestos.
- Los retrasos en las inversiones en infraestructura que se originarían en la incertidumbre para las APP en transporte podrían reducir el crecimiento de la economía en órdenes del 0,5% del PIB.
- Medido por la fortaleza de sus vínculos en las compras y ventas a otros sectores, el sector de obras civiles se destaca porque lo requieren ampliamente los demás sectores, y el sector de servicios de transporte pide muchos insumos al resto de la economía y al tiempo es esencial para la dinámica de los demás sectores.

Los avances y aportes de la inversión privada en APP enfrentan la posibilidad de limitarse severamente por la gran incertidumbre en las señales y medidas que el gobierno ha tomado en meses recientes. Las políticas y decisiones recientes del gobierno que se discuten en este documento reflejan la intención de cambiar las

reglas del juego en APP. Se genera inseguridad sobre el futuro papel de la planificación del transporte, de la adhesión a la priorización de proyectos por métodos objetivos y de la continuidad en el uso del modelo APP.

La incertidumbre generada podría provocar retrasos en las obras, que en promedio de los diferentes escenarios modelados por Fedesarrollo, arrojarían una disminución del crecimiento a largo plazo de 0,5% por debajo del potencial del escenario base (3,1%).

Los impactos también se sentirían en el flujo de proyectos y en costos para el fisco. Las 11 APP de iniciativa privada, que no reciben apoyos del estado y que deben remunerarse exclusivamente mediante el cobro de peajes, quedarían paralizadas. La decisión de congelar las tarifas durante 2023 puede generar un costo permanente para el fisco. Se estima que el déficit permanente a favor de los concesionarios sería del orden de $13,8 billones hasta el año 2040.

Las concesiones con APP exigen profundizar la estabilidad institucional y jurídica que el país ha construido paciente y continuamente en las últimas dos décadas. El mensaje central de este documento es que el modelo APP en transporte debe consolidarse para que el país continúe con la atracción de inversiones privadas que ayuden a financiar infraestructura pública tal como se ha observado a través de las diferentes generaciones viales. Además, es pertinente mantener el modelo de concesiones de acuerdo con los efectos positivos mencionados a lo largo del documento.

La naturaleza del modelo de APP ha permitido la financiación y operación óptima de inversiones que no se hubieran podido realizar con los recursos públicos disponibles a lo largo de tres décadas. En otras palabras, el modelo ha evitado la necesidad de recurrir a otros mecanismos, como una eventual reforma tributaria, para obtener los recursos necesarios y, en consecuencia, ha reducido la presión de financiamiento para el desarrollo de proyectos. El desmantelamiento del modelo reduciría la dotación de infraestructura de transporte vial de buena calidad dado que no hay espacio fiscal para sustituir APP por obras públicas en el corto plazo aumentaría los costos generalizados de transporte, reduciría la velocidad de crecimiento del PIB, y empobrecería a la mayoría de la población por la reducción del comercio entre regiones y con el exterior, y el mayor costo de la movilidad de pasajeros.

Es responsabilidad primordial del Gobierno nacional mantener una clara y estable normativa para asegurar la sostenibilidad del modelo, eliminando la incertidumbre causada por cambios en la metodología de liquidación del DR8 y la congelación de tarifas de peajes. Esto permitirá cumplir con los plazos estimados de pago de este mecanismo y ajustar las tarifas de peajes de acuerdo con el IPC, con el fin de prevenir el posible impacto adverso proyectado en el flujo de efectivo de los diversos proyectos, especialmente aquellos asociados a APP de iniciativa privada que carecen de acceso al Fondo de Contingencias, lo cual agravaría su situación de liquidez.

Referencias

Alvear, J. (2008). Historia del Transporte y la Infraestructura en Colombia (1942-2007). Imprenta Nacional de Colombia. https://web.mintransporte.gov.co/jspui/bitstream/001/10409/1/Historia%20del%20transporte%20y%20la%20infraestructura%20en%20Colombia_compressed.pdf

Ágenor, P. R. (2013). Public Capital, Growth and Welfare: Analytical Foundations for Public Policy. Princeton, NJ: PUP.

Banco Mundial. (2020a). Índice de Desempeño Logístico. https://datos.bancomundial.org/indicator/LP.LPI.OVRL.XQ

Banco Mundial. (2020b). Benchmarking Infrastructure Development. Disponible en: https://bpp.worldbank.org/

Benavides, J. (2021). "La infraestructura en Colombia: balance, prospectiva y recomendaciones en TIC, electricidad, gas y transporte," Libros Fedesarrollo 019950, Fedesarrollo.

Benavides, J. (2010). "Reformas para atraer la inversión privada en infraestructura vial." En Steiner, R. and V. Traverso (eds.) Colombia 2010-2014: Propuestas de Política Pública. CAF- Fedesarrollo. Pps. 279-320. Financiado por el Fondo Germán Botero de los Ríos (Fedesarrollo).

Cámara Colombiana de Infraestructura (2022). Capital privado: clave para el desarrollo.

Cárdenas, M. et al. (2005). La infraestructura de transporte en Colombia. Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1035/Repor_Agosto_2005_Cardenas_Gaviria_y_Melendez.pdf?sequence=5&isAllowed=y

CEPAL (2017). Asociaciones público-privadas como instrumento para fortalecer los objetivos del Proyecto Mesoamérica. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/495fc212-5e4c-4858-adf3-a9094bdb79b9/content

Chenery, H. y T. Watanabe, T. (1958). "International comparison of the structure of production." Econometrica XXVI: 487 – 521. https://www.jstor.org/stable/1907514

Comisión de Expertos en Infraestructura de Transporte. (2019). Informe de la Comisión de Expertos en Infraestructura de Transporte. https://www.eltiempo.com/uploads/files/2019/11/19/INFORME%20COMISION%20DE%20EXPERTOS%20DE%20INFRAESTRUCTURA.pdf

Conpes 4060. (2021). Política para el desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte sostenible: Quinta generación de concesiones bajo el esquema de APP. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4060.pdf

DANE. (2017). Matriz Insumo Producto. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/especiales/anexo_matriz_insumo_producto-empleo-produccion-2017.xlsx

DNP (2020a). Archivo de Excel facilitado por la Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible.

Economist Impact. (2022). The 2021/22 Infrascope. Evaluating the environment for public-private partnership in Latin America and the Caribbean. New York, NY. https://infrascope.eiu.com/

DNP (2020b). Nota técnica de Políticas de Infraestructura y Logística en Colombia. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-internacionalizacion/Documents/Notas_politica_Espanol/Infraestructura_y_Logistica.pdf

Engel, E M., Fischer, R.D & Galetovic, A. (2014) Economía de las asociaciones público-privadas: una guía básica. Fondo de Cultura Económica.

Fedesarrollo (2023). Tendencia Económica 235, Actualidad: Resultados del PIB 2022 y pronóstico 2023. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/4374/TE_No_234_Enero_2023_En_l%c3%adnea.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Fondo Monetario Internacional. (2021). What's New in the IMF Investment and Capital Stock Dataset: Estimating the stock of public capital in 170 countries (May 2021 update). Disponible en: https://infrastructuregovern.imf.org/content/dam/PIMA/Knowledge-Hub/dataset/WhatsNewinIMFInvestmentandCapitalStockDatabase_May2021.pdf

Financiera de Desarrollo Nacional (2022). Informe de Gestión 2022.

Hammami, M., Ruhashyankiko, J.F. & Yehoue, E. (2006). Determinants of Public-Private Partnerships in Infrastructure. IMF Working Paper No. 06/99, disponible en: https://ssrn.com/abstract=902765

Lee, M., Han, X., Gaspar, R. & Alano, E. (2018). Deriving macroeconomic benefits from Public–Private Partnerships in developing Asia. Asian Development Bank.

Mejía, L. y M. E. Delgado. (2020). Impacto macroeconómico y social de la inversión en Infraestructura en Colombia 2021-2030. Fedesarrollo.

Ministerio de transporte (2022). Transporte en cifras 2019 y 2021.

Misión del mercado de capitales (2019). Informe de la misión del mercado de capitales. https://www.urf.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC_CLUSTER-119774%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased

Perrotti, D. & Ricardo J. S (2011), The infrastructure gap in Latin America and the Caribbean. Natural Resources and Infrastructure Series No. 153, United Nations publication.

Peña, S. (2019). Las concesiones de infraestructura como negocios financieros: el valor jurídico de los modelos financieros preparados para su celebración. Revista Digital de Derecho Administrativo. Diciembre 2019. https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/Deradm/article/view/6035/8001

Ramírez-Giraldo, M. T., Collazos-Gaitán, M. M., García-García, J., Hahn-De Castro, L., Melo-Becerra, L. A., Montenegro-Trujillo, A., ... & Zárate-Solano, H. (2021). La inversión en infraestructura de transporte y la economía colombiana. Revista Ensayos Sobre Política Económica; No. 99, mayo 2021. Pág.: 1-134. http://investiga.banrep.gov.co/es/espe

Salazar, N., Forero, D., Becerra, A. & Pinchao, A (2017). Impacto del retraso de la ejecución del programa de concesiones 4G en el crecimiento económico. Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3738/Repor_Septiembre_2017_Salazar_et_al.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Schuschny, A. R. (2005). "Tópicos sobre el modelo de insumo producto: Teoría y aplicaciones." División de estadísticas y proyecciones económicas. CEPAL. Santiago de Chile. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4737/1/S0501011_es.pdf

Steer-Fedesarrollo. (2022). Plan Maestro de Transporte Intermodal 2022.

Vassallo, J. M. (2020, April 24). Public-Private Partnership in Latin America. Facing the challenge of connecting and improving cities. Caracas: CAF. Retrieved from https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1549

Apéndices

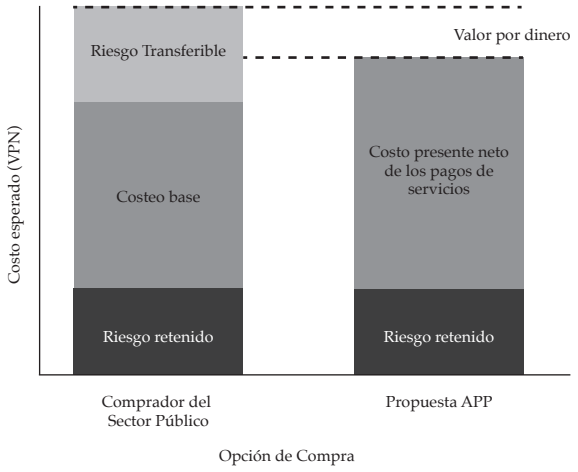
Apéndice 1.
Análisis de valor por dinero (VPD)[12]

El VPD es la combinación óptima de costo (durante el ciclo de vida) y calidad de un bien o servicio para la prestación de un servicio para un usuario final (US Department of Transportation – Federal Highway Administration 2012: 1-2).

El propósito central del VPD es ayudar al sector público a determinar si una Alianza Público-Privada (APP) genera más valor que la alternativa de contrato de obra pública en la prestación del servicio de transporte.

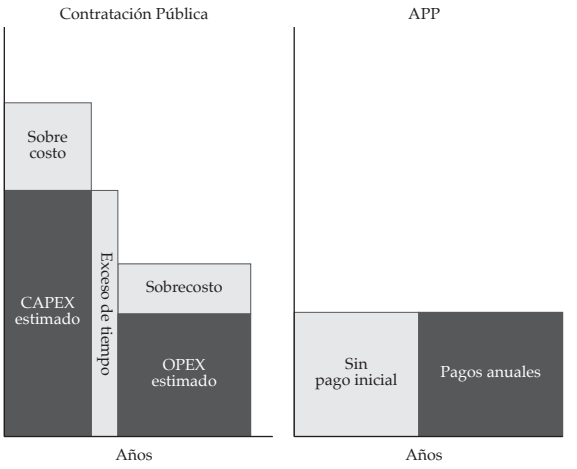
El foco de una estructuración APP es asignar los riesgos de un proyecto entre el sector público y el sector privado para reducir los costos totales del riesgo mediante la gestión óptima de cada parte, de acuerdo con sus habilidades y capacidades. La Gráfica A1.1 muestra la lógica básica de la asignación y la Gráfica A1.2 presenta un ejemplo para una APP vs obra pública en infraestructura.

Gráfica A1.1.
Asignación de riesgo y VPD



Fuente: Aldrete et al (2012).

Gráfica A1.2.
Perfil de riesgos retenidos por el sector público en un proyecto de transporte



Fuente: IFC (2014: 11)

12 Benavides (2017).

La metodología para conducir un análisis de VPD está compuesta por tres pasos:

- Crear un Comparador del Sector Público (CSP). El CSP debe estimar el costo durante el ciclo de vida de construir, operar y disponer finalmente (si es del caso) un proyecto mediante un contrato de obra pública, incluyendo explícitamente los costos de los riesgos, que usualmente no se incluye en la contabilidad literal de costos de obra.
- Estimar el costo de la alternativa APP durante su ciclo de vida. Esta estimación puede provenir de una oferta privada solicitada o registrada en una licitación, o de una oferta hipotética (shadow bid) que intenta reproducir los costos del proponente, su estructura financiera (costo del capital de acuerdo con el riesgo asumido) y otros aspectos propios del proyecto. Hay dos supuestos difíciles de verificar ex ante: (i) que la propuesta ganadora de una licitación se logró en una licitación competitiva (un número plural de competidores) de forma que los costos revelados en la oferta serán "eficientes"; (ii) que los incentivos asociados a la asignación de riesgos son creíbles y serán capaces de reducir los costos y ofrecer un servicio de calidad superior a la alternativa pública. Los contratos que incluyen pagos condicionados al desempeño pueden ayudar a resolver el segundo asunto mencionado.
- Comparar "manzanas con manzanas" (usando costos ajustados por riesgo). Este paso es crucial para evitar comparar una "pera" sin costos ajustados al riesgo, con una "manzana" que sí los incluye, lo que puede llevar a decisiones equivocadas. Por ejemplo, un contrato de obra pública que no incluye los costos del riesgo asumido o todos los costos del ciclo de vida de un proyecto podría lucir más barato que una APP que sí los incluye, pero una comparación rigurosa de CSP vs. APP podría indicar lo contrario.

El CSP es un referente (benchmark) que evalúa si la alternativa APP genera valor en comparación. En el caso de una evaluación negativa, el mayor valor de un análisis de VPD consiste en obligar a reexaminar si la asignación de riesgo entre el sector público y el privado es óptima. El CSP estima el costo hipotético, ajustado por riesgo, de un proyecto financiado y mantenido bajo propiedad pública. El CSP tiene cinco elementos:

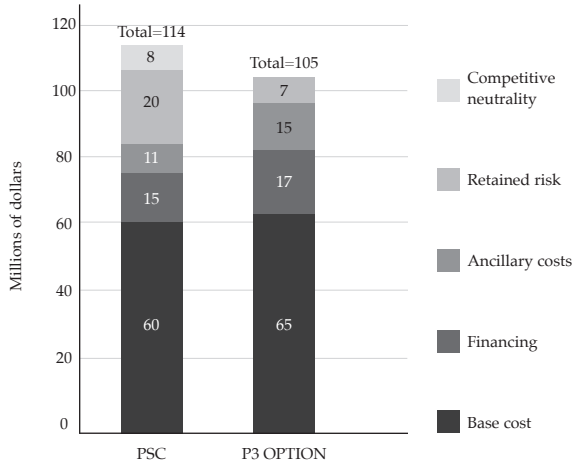
- CSP crudo. Incluye todos los costos durante el ciclo de vida de un proyecto, incluyendo los costos de pre-inversión y licitación, supervisión, CAPEX, y OPEX asociados con la operación y mantenimiento para la entrega de un nivel de servicio durante un período de tiempo predefinido.
- Costos de financiación. Son los costos asociados a la inyección de aportes públicos directos provenientes de impuestos, o de emisión de bonos de deuda pública, o de bonos para el proyecto.
- Riesgos retenidos. Es el valor de los riesgos que no se pueden transferir a un inversionista privado.
- Riesgos transferidos. Es el valor de los riesgos asignados a un inversionista privado a través de una APP.
- Neutralidad competitiva. Son ajustes originados en ventajas o desventajas comparativas del sector público a raíz de su carácter de propietario del proyecto. Las ventajas competitivas del sector público incluyen típicamente los impuestos a las firmas privadas. Las desventajas comparativas incluyen los costos de transacción y supervisión del sector público, que no se aplican a una firma privada.

Cuando se haya calculado el CSP, el gobierno debe construir la oferta hipotética (shadow bid) del ganador de un concurso para otorgar un contrato de APP, o usar una propuesta que haya pasado la prueba de razonabilidad. En últimas, se comparará si la transferencia de riesgos al privado para minimizar el costo total del riesgo compensa los mayores costos de estructuración de una APP.

El proceso de cálculo del VPD requiere construir los flujos ajustados por riesgo durante la vida de la concesión para ambas alternativas, y luego calcular su valor presente con la tasa de descuento consistente con los riesgos asumidos.

La Gráfica A1.3 presenta un ejemplo de comparación entre un proyecto público cuyo costo básico es US$ 60 MM y una APP cuyo costo básico (neto de costo de financiación) es US$ 65 MM. Aunque la APP tiene una desventaja de US$ 5 MM en costos básicos e impone unos costos adicionales de US$ 6 MM (entre costos complementarios y financiación), la reducción de US$ 13 MM en el costo de riesgo transferido al sector privado y el ajuste de US$ 8 MM de neutralidad competitiva para hacer las propuestas comparables, resulta en un VPD de US$ 9 MM para el gobierno.

Gráfica A1.3.
Ejemplo hipotético de los resultados de un análisis de VPD



Fuente: US Department of Transportation – Federal Highway Administration (2012: 2-3)
(P3 option: APP)

El ejemplo ilustra que el gobierno transfiere unos riesgos gestionables al sector privado con la expectativa de que el costo de esa transferencia sea inferior a las ganancias totales en el costo del proyecto. Con una adecuada transferencia de riesgos, incentivos e instituciones públicas sólidas que disuadan la renegociación de contratos, los logros importantes de las APP son la certeza presupuestal y la ejecución a tiempo y en presupuesto.

La estructuración mediante APP debe examinarse a un nivel estratégico en sus riesgos antes de evaluarse con el análisis VPD. Una estructuración poco experimentada podría transferir al privado riesgos exagerados o imposibles de asegurar. En estos casos, la materialización del riesgo podría llevar la APP a condiciones de stress financiero, paralizando la obra en su fase de construcción, o deteriorando su nivel de servicio durante la operación.

Referencias

Alderete, R. M. et al. (2012). Valuing Public Sector Revenue Risk Exposure in Transportation Public-Private Partnerships. https://www.researchgate.net/publication/271197416_Valuing_Public_Sector_Revenue_Risk_Exposure_in_Transportation_Public-Private_Partnerships

Benavides, J. (2017). ACTUALIZACIÓN DEL MODELO DE COMPARADOR PÚBLICO-PRIVADO. Documento preparado para la FDN.

IFC. (2014). PPP Training Session. Assessing the PPP Option.
http://www.slideshare.net/OECDGlobalRelations/ismed-training-assessing-the-ppp-option-ifc

US Department of Transportation – Federal Highway Administration. 2012. Value for Money Assessment for PPP: A Primer. Innovative Program Delivery.
http://bibliotheque.pssfp.net/livres/VALUE_FOR_MONEY_ASSESSMENT_FOR_PUBLIC__PRIVATE_PARTNERSHIPS.pdf

Apéndice 2.
Evolución del sector de obras civiles

Al examinar los datos agregados del PIB, se puede observar que el subsector de construcción de obras civiles (que incluye la construcción de carreteras, vías de ferrocarril, proyectos de servicio público y otras obras de ingeniería civil) ha experimentado un aumento en general desde el año 2005, con excepción de los años 2016, 2018 y 2020 debido a la pandemia. Sin embargo, se ha registrado una desaceleración en la actividad económica, ya que el crecimiento promedio anual de los últimos 10 años, excluyendo el año de la pandemia, ha disminuido en 2,1 puntos porcentuales en comparación con el periodo de 2005-2011 (6,2%).

El sector de construcción de obras públicas, que aumentó su contribución a la economía ligeramente de 1,3% del PIB en 2005, mantuvo una participación superior al 2% después de 2014 y alcanzó un pico del 2,3% en 2019. Sin embargo, la pandemia representó un gran retroceso y volvió a representar solo el 1,3% del PIB en 2022

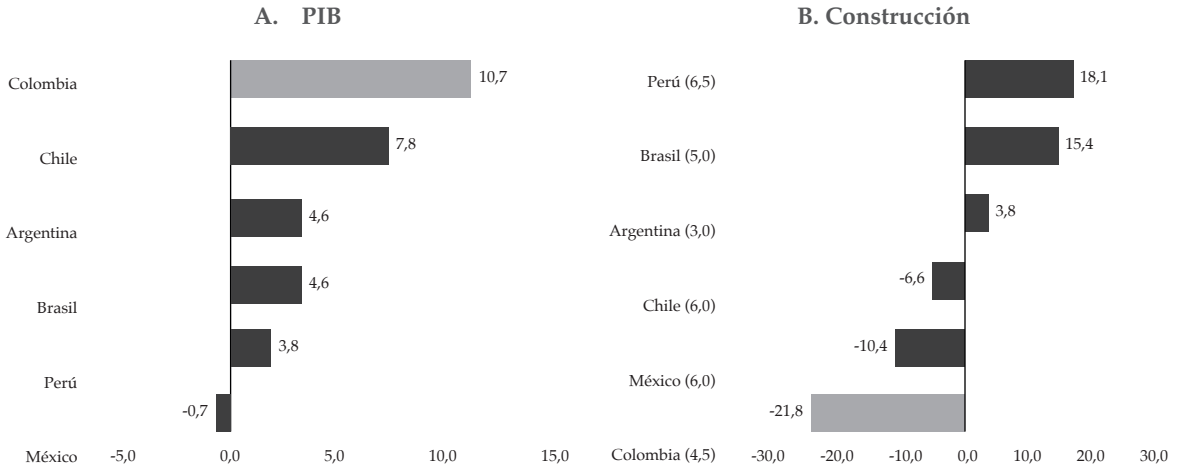
En la coyuntura actual la infraestructura cobra aún mayor relevancia. En 2022, la economía colombiana registró un crecimiento de 7,5% real anual, donde el nivel supera en cerca de 11 pps a los niveles prepandemia y se ubica por encima de todos los pares regionales. Al desagregar, sólo 2 de las 12 principales ramas de actividad no superaron los registros del 2019. Entre estas, además de las actividades extractivas, el sector de construcción registró un nivel de actividad inferior en 21,8 pps respecto al 2019. Específicamente, de los rubros que conforman al sector de construcción, las obras civiles distan de este año de referencia en más de 37 pps, lo que evidencia el bajo ritmo de ejecución de grandes proyectos de infraestructura de orden nacional y local.

En 2022 la construcción de edificaciones residenciales y no residenciales evidenció un buen ritmo, con un crecimiento anual del 11,8%. En cambio, la construcción de obras civiles registró una variación anual del -3,7% y aún no ha logrado recuperarse como se esperaba, teniendo en cuenta que los precios de los principales insumos

para la construcción afectaron la rentabilidad de los principales proyectos. Estos resultados son consistentes con la evolución del Indicador de Producción de Obras Civiles (IPOC), el cual presentó un crecimiento promedio de -3,3% en 2022.

Al compararse con pares de la región, se encuentra que Colombia se ubica en segundo lugar, después de Ecuador, en términos de tener un ritmo de recuperación lento y poco dinámico en el sector de construcción. Los datos de Perú, Brasil y Argentina destacan en este aspecto, ya que sus actividades de construcción superaron los niveles prepandemia en 18,1, 15,4 y 3,8 puntos porcentuales, respectivamente, lo que está en línea con los datos de inversión pública en carreteras[13]. Es interesante señalar que, excepto Argentina, el peso del sector de construcción en el PIB se sitúa en torno al 6% en los países pares de la región, mientras que en Colombia ha disminuido a un 4,5% en 2022 debido en parte a la mayor dinámica de otras actividades (Gráfica A2.1).

Gráfica A2.1.
Comparativo internacional de actividad económica y sector de construcción
(2022 vs 2019) *



Fuente: Entidades estadísticas de cada país. Cálculos Fedesarrollo.
*Entre paréntesis se encuentra expresado el valor de la participación del sector de construcción como porcentaje del PIB en 2022.

A pesar del cierre de brechas, Colombia aún cuenta con importantes rezagos en materia de conectividad entre ciudades, departamentos y municipios. De acuerdo con las cifras publicados por el Ministerio de Transporte en 2021, del total de Km de las vías calificadas (cerca de 11.000 km), más del 20% se encontraba sin pavimentar. Igualmente, al hacer el comparativo en términos de avance en algunas de las obras administradas por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), se encontró que, desde enero a diciembre del 2022, únicamente 10 de las 37 obras avanzaron en más del 10% dentro de este periodo. De igual forma, a diciembre al menos 5 de estas vías presentaban un avance total de construcción inferior al 10%.

La agenda pendiente en infraestructura no sólo es fundamental para el desarrollo nacional y regional, también se convierte en un instrumento crucial en la búsqueda de mitigar la pobreza en Colombia. En un documento

13 De acuerdo con datos disponible de INFRALATAM a 2021, la inversión pública en carreteras para Perú fue de cerca del 1,4% del PIB.

elaborado por Fedesarrollo en 2014, se estimó que, la ruralidad es definida por el aislamiento de la población respecto a las principales ciudades o cabeceras municipales, bien sea por la geografía o por las deficiencias en infraestructura de transporte. Es decir, la pobreza es causa de la dispersión poblacional, la cual conlleva a serias limitaciones de acceso a servicios de calidad como la educación u otro tipo de servicios sociales (Villar & Ramírez, 2014). Además, como ya se mencionó, según Mejía y Delgado (2020), un aumento de la inversión en infraestructura en 0,7% del PIB genera un aumento del crecimiento de 1 punto porcentual, lo que implica una reducción en el desempleo y la pobreza.

Adicionalmente, las vías no pavimentadas son un buen indicador del atraso a nivel territorial. A manera de ejemplo, en 2021 se registró que, respecto a las vías calificadas no concesionadas, Atlántico contaba con un 62,5% de vías sin pavimentar y, para este mismo año, se ubicó como el catorceavo departamento con mayor porcentaje de incidencia a la pobreza multidimensional (29,6%). De igual forma, la brecha se puede evidenciar a través del estado de las vías que sí se encuentran pavimentadas sin concesionar. En este mismo sentido, se encontró que, al menos 16 de los 25 departamentos reportados, presentaban más del 50% de sus carreteras con una calificación de "mala- muy mala" o "regular".

Referencias

Banco Central de Chile. (2022). Cuenta Nacionales.

Banco Central de Ecuador. (2022). Cuentas Nacionales.

DANE. (2023). Cuentas Nacionales.

DANE (2023). Indicador de Producción de Obras Civiles.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2022). Cuentas Nacionales. Perú.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2022). Cuentas Nacionales. Argentina.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2023). Cuentas Nacionales. México.

Mejía, L. y M. E. Delgado. (2020). Impacto macroeconómico y social de la inversión en Infraestructura en Colombia 2021-2030. Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3960/Repor_Mayo_2020_Mej%C3%ADa_y_Delgado.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Apéndice 3.
Aumento de la tasa de crecimiento del PIB con respecto a un aumento del cociente entre el acervo de infraestructura y de capital privado (modelo de crecimiento endógeno)[14]

Greiner et al. (2005) asumen un hogar representativo que maximiza el valor presente de sus utilidades por consumo y que el gobierno cumple con una restricción presupuestal y de financiación de sus gastos (incluyendo la inversión en infraestructura) mediante impuestos o emisión de deuda sostenible. El problema del hogar representativo es

$$\max \int_0^{\infty} e^{-(\rho-n)t} L_0 u(C) dt$$

sujeto a

$$C + \dot{K} + (\delta_K + n)K + \dot{B} + nB = w + r_1 K + r_2 B(1-\tau) + T_p$$

Donde C es el consumo per cápita, K son los activos acumulados por los hogares (capital privado), que se deprecian a la tasa δ_K. La deuda pública (bonos) es B. T_p es una transferencia a los hogares que se toma como dada en la solución de su problema de optimización. τ es la tasa de impuestos sobre la renta y w, r_1 y r_2, son los flujos de salarios, retornos al capital físico y los bonos del gobierno, respectivamente. ρ es la tasa de preferencia intertemporal de descuento de los flujos de utilidad por consumo. L_0 es la población inicial en $t = 0$, que crece a una tasa constante anual n. Un punto sobre una variable indica su tasa de cambio temporal.

La función de utilidad es de la forma de elasticidad de sustitución constante:

$$u(c) = \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma}$$

Donde $1/\sigma$ es la elasticidad de sustitución del consumo entre dos instantes del tiempo.

El PIB (Y) se produce por una firma competitiva con una función de producción Cobb-Douglas ($\beta=1-\alpha$):

$$f(K, G) = K^{\beta} \left(\frac{\bar{G}}{L}\right)^{\alpha}$$

Donde $\bar{G}$ es el acervo de infraestructura (capital público), sujeto a congestión.

La restricción presupuestal en términos per cápita es:

$$\dot{B} = r_2 B + C_p + T_p + I_p - T - nB$$

14 Steer-Fedesarrollo (2022).

Donde r_2B es el servicio de la deuda, C_p es el consumo del gobierno, T_p son las transferencias al hogar, I_p es la inversión pública y T son los ingresos por impuestos:

$$T = \tau(w + r_1K + r_2B)$$

Se asume que la deuda es sostenible (el valor presente de la deuda al final de los tiempos, descontada a la tasa $\int_0^t (r_2(s) - n)ds$, debe ser cero).

Se puede suponer que $C_p = \varphi_2 T$ y que $T_p = \varphi_1 T, \varphi_1, \varphi_2 < 1,$. Con esto, la inversión pública per cápita es $I_p = \varphi_3(1 - \varphi_0)T$, con $\varphi_3 \geq 0$.

El capital público per cápita evoluciona de acuerdo con la ecuación:

$$\dot{G} = I_p - (\delta_G + n)G$$

Donde δ_G es la depreciación del capital público.

Se puede asumir por simplicidad que el régimen presupuestario es de la siguiente forma:

$$C_p + T_p + \varphi_4 r_2 B = \varphi_0 T$$

Donde $\varphi_4 \in (0,1)$. Esto implica que sólo una parte del pago de intereses de la deuda pública se financia con impuestos, y el resto se paga con emisión de nueva deuda.

Para cualquier solución, se tiene la identidad:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = (1 - \alpha)\frac{\dot{K}}{K} + \alpha\frac{\dot{G}}{G}$$

Resolviendo el problema de maximización con ayuda de las técnicas de optimización dinámica, se obtiene que, para un camino de crecimiento balanceado (cuando el cociente entre capital privado y el producto total es una constante en todo instante), sin ilusiones fiscales, la tasa anual de crecimiento del PIB, igual a la del consumo, es:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\rho + \delta_K}{\sigma} + \frac{(1 - \tau)(1 - \alpha)x^{\alpha}}{\sigma}$$

Donde $x = {}^{G}/_{K}$.

Para sendas de *crecimiento balanceado* (es decir, cuando el cociente entre capital privado y el producto total es una constante en todo instante), se obtiene la relación

$$\Delta\gamma = \Phi\Delta x$$

En esta expresión, $\Delta\gamma$ es el cambio en la tasa de crecimiento per cápita de la economía atribuible a un cambio Δx en el cociente entre capital público y capital privado, y Φ es el multiplicador incremental entre cambios en el cociente y la tasa del crecimiento del PIB:

$$\Phi = \frac{\alpha \cdot (1-\alpha) \cdot (1-\tau) \cdot x^{\alpha-1}}{\sigma}$$

y donde α es la potencia del acervo de capital público per cápita en la función de producción de la economía, τ es la tasa del impuesto de renta, x es el cociente entre los acervos de capital público y privado, y σ es el inverso de la elasticidad de sustitución intertemporal del consumo.

El ejercicio para Colombia usa parámetros típicos para examinar el efecto de un cambio en la tasa de crecimiento del PIB a raíz de un cambio en el cociente x para Colombia. El parámetro τ se asume igual a 0,35. Greiner et al (2005) usan el valor α=0,25, siguiendo la especificación de Barro (1990), cifra estable en diferentes países y a lo largo del tiempo. Havranek et al (2015) recolectaron 2735 estimaciones de σ en 169 países y efectuaron una meta-regresión. En el caso de los países latinoamericanos de la muestra (Colombia, México y Venezuela), estos autores llegaron a un estimativo de σ 0.158, cifra que se usa en la simulación para Colombia.

Referencias

Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. Journal of Political Economy 98(S5): 103-125. Disponible en: https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/261726

Greiner, A. et al. (2005). The Forces of Economic Growth: A Time Series Perspective. Princeton, NJ: PUP.

Fondo Monetario Internacional. (2021). What's New in the IMF Investment and Capital Stock Dataset: Estimating the stock of public capital in 170 countries (May 2021 update). Disponible en: https://infrastructuregovern.imf.org/content/dam/PIMA/Knowledge-Hub/dataset/WhatsNewinIMFInvestmentandCapitalStockDatabase_May2021.pdf

Havranek, T. et al. (2015). Cross-Country Heterogeneity in Intertemporal Substitution. Journal of International Economics Volume 96, Issue 1, May 2015, Pages 100-118. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002219961500032X

Steer-Fedesarrollo. (2022). Plan Maestro de Transporte Intermodal 2022.

Expected Macroeconomic Effects of Issuing a Retail Central Bank Digital Currency (CBDC)

Por:
Constanza Martínez-Ventura[a]
Julián A. Parra-Polanía[b]
Tatiana Mora-Arbeláez[c]
Angélica Lizarazo-Cuéllar[d]

Keywords: *Retail CBDC, Macroeconomic effects, Digital money, Financial intermediation.*
Palabras clave: *CBDC al por menor, Efectos macroeconómicos, Dinero digital, Intermediación financiera.*

JEL: *E42, E51, E44, E52, E41, G21.*

Expected Macroeconomic Effects of Issuing a Retail Central Bank Digital Currency (CBDC).

Efectos Macroeconómicos Esperados de Emitir una Moneda Digital de Banco Central (CBDC) al por menor.

Primera versión recibida el 12 de septiembre de 2023; versión final aceptada el 20 de octubre de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 151-177. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Abstract

This document reviews the potential macroeconomic effects of issuing a central bank digital currency (CBDC) for the use of individuals and businesses. A careful selection of the architecture, and the economic and technological design aspects of this digital form of central bank money that best suit the needs of Colombian economy is made to frame the analytical approach used to study these issues. The most salient results of the related literature are reviewed to establish the consequences of undertaking this initiative. For the set of selected assumptions, we find that the expected macroeconomic consequences are negligible.

Resumen

Este documento revisa los potenciales efectos macroeconómicos de emitir una moneda digital de banco central (CBDC) para uso de las personas y negocios. Se realiza una selección cuidadosa de la arquitectura, y de los aspectos de diseño económico y tecnológico de esta forma de dinero digital que mejor se ajustarían a las necesidades de la economía colombiana, para enmarcar la aproximación analítica que se usa para estudiar estos temas. Se revisan los resultados más destacados de la literatura relacionada para establecer las consecuencias esperadas de adelantar esta iniciativa. Para el conjunto de supuestos seleccionados, encontramos que los efectos macroeconómicos esperados son muy pequeños.

a Leading Analyst, Banco de la República, amartive@banrep.gov.co
b Leading Economist, Banco de la República, jparrapo@banrep.gov.co
c Senior Analyst, Banco de la República, tmoraarb@banrep.gov.co
d Senior Analyst, Banco de la República.
The authors thank Professor Charles Kahn for all his interesting discussions and suggestions, the State Secretariat for Economic Affairs -SECO-, and Nikhil Ray for his support throughout this project. The authors also thank the comments by Olga Lucía Acosta, Juan Esteban Carranza, Clara Machado, Andrés Murcia, Roberto Steiner, Bibiana Taboada, Hernando Vargas, and Leonardo Villar.
* The opinions contained in this document are the sole responsibility of the authors and do not commit Banco de la República nor its Board of Directors.
Las opiniones contenidas en este documento son responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

Introduction

The rise and popularization of new payment technologies have widened the range of alternatives that consumers and firms can use to make payments and store value. These new payment technologies have led several central banks to study the possible issuance of their currencies in digital form. This is the case of countries like Sweden where people prefer to pay with digital payment solutions provided by the private sector, but it is also the case of countries like Japan where cash is the most used payment instrument in retail transactions (see Riksbank, 2021; Bank of Japan, 2022). A general-purpose central bank digital currency —retail CBDC hereafter— is a digital form of fiat money that will allow transactions in person and online and will enable merchants to receive the payments for their sales immediately. This form of central bank money will have the same unit of account as cash and could be used as a medium of exchange and to store value (Bank of Canada et al., 2020).

Most central banks studying this topic face the difficult task of deciding what would be the main reason for introducing this new type of money in the economy. In some countries like the Bahamas, the motivation behind this decision seems to be very clear (i.e., solve the logistical issues for the proper supply of cash across its islands and cays (Balz, 2022)), while in others, the motivation is less obvious.

Several idiosyncratic aspects can influence the central bank's decision to issue a retail CBDC, one of which is the current state of payment patterns in the economy. In Colombia, cash provision to the private sector has been conducted through a public-private partnership in which this money is issued by Banco de la República (Banrep) and is distributed mainly though commercial banks branches and automated teller machines (92,7%).[1] This distribution model allows its users to easily convert their deposits (commercial bank money) into cash immediately and at par. However, this situation may change if the emergence of digital payment solutions makes individuals and private firms use digital money much more than cash. If that situation reaches a point where the use of cash is about to disappear, central bank money could lose its role as a monetary anchor for deposits and other forms of private money. Such a situation seems to be very far from occurring in Colombia at the present, where close to 75% of retail transactions are settled in cash.[2] However, if this situation changes, issuing a retail CBDC would be a possible solution as it could widen the use and access to (electronic) central bank money.

Banrep has not yet taken a decision about issuing a retail CBDC, but it has set an agenda with different initiatives where economic, technological, and legal aspects are being carefully studied. Several arguments have been explored in the related literature to examine whether central banks should offer currency in digital form (i.e., developing the digital economy, improving efficiency and safety in retail payments, forestalling wide adoption of stablecoins, and fostering financial inclusion – all of these are developed in Section 2). One argument in favor of this initiative would be the goal to make payments more efficient, represented in this case by reductions in the time required to settle them. Fast payment systems can alternatively help to achieve this goal by allowing payments in real time. Indeed, there is a fast payment system administered by the private sector that has been operating since February of 2020 (Transfiya); however, it is not yet fully interoperable, and it is focused on peer-to-peer services only. To tackle this issue, the central bank is currently conducting a project to design its own fast payment system, which is expected to start operating in 2025.[3] Although none

1 The remaining percentage (7,3%) is distributed through Treasury branches of the central bank (see Banco de la República, 2020).

2 For the remaining percentage, people used electronic funds transfers (15,4%), debit cards (8,5%), and credit cards (1,5%) (Banco de la República, 2022b).

3 Similar to retail CBDC, a fast payment system may provide immediate retail payments services that allows the central bank to offer efficient and stable payment solutions to the economy. In several jurisdictions, central banks are planning or have already introduced fast payment systems into their economies (e.g., SINPE in Costa Rica,

of the reasons considered in this report are convincing cases for the public provision of digital money, it is recommended to continue monitoring these aspects because one of these might justify the issuance of the retail CBDC in the future.

Before deciding on the issuance of a central bank digital currency for the use of individuals and businesses, two critical questions should be considered: which potential macroeconomic effects it may bring and how these impacts may vary according to distinctive retail CBDC design features. With regard to these questions, the present paper describes and analyzes different design features (Section 3) and reviews some potential effects, mostly based on the still incipient but growing theoretical literature, and some policy papers specifically related to financial stability, monetary policy, and financial inclusion (Section 5). Other aspects of this initiative such as technological and legal requirements will not be covered in this document.

After revising several aspects of the retail CBDC, it is established that the more convenient design for the Colombian economy should be based on a tiered architecture (either the hybrid or intermediated by commercial banks), contain holding and spending limits, be resilient to a wide range of incidents, and be non-interest bearing. By considering these design aspects as the elements that define this new form of central bank currency, it is concluded that the potential macroeconomic effects of introducing this form of digital money would be limited.

Regardless of the central bank's decision about issuing or not the retail CBDC, a policy recommendation points to the need that supervisory authorities develop regulatory standards and frameworks that strengthen the resilience of the domestic financial system to the emergence and popularization of backed cryptoassets, like stablecoins.[4]

The first section of the report briefly describes some forms of (either privately or publicly issued) digital money. Section 2 explains some of the motivations that a central bank might have to issue a retail CBDC. Section 3 describes some design issues that would be relevant in the issuance of a retail CBDC especially for the Colombian case. The next two sections are devoted to describing some microeconomic aspects required for a wide adoption of the central bank digital currency (Section 4) and potential macroeconomic effects (Section 5) of its issuance. The last section concludes and briefly presents some policy recommendations.

1. Different forms of Digital Money

Before examining the expected macroeconomic effects of issuing a retail CBDC (presented in Section 5), this Section briefly describes the existing forms of digital money offered by the private sector, in terms of their main characteristics and the services offered to their users. This description is intended to provide a general context for the retail CBDC in the current state of digital payments. The macro effects caused by these other forms of digital money will not be considered since they are out of the scope of this paper.

Nowadays, payments are ordinarily made via the use of either cash (publicly provided) or deposits held in commercial banks (privately provided). However, recent innovations have brought new forms of digital money (some proposed, some currently in operation) which intend to increase the speed and lower costs in the payment system. In this section we describe different forms of privately issued digital money: bank deposits, cryptoassets, and within this general group

Pix in Brazil, Faster Payment Service in the U.K., and Fed-Now in the U.S., among many others). These payment systems provide retail funds transfer in real-time or near to a 24/7 basis (CPMI (2016)). The Colombian fast payment system will be launched in 2025.

4 As recommended by the President's Working Group on Financial Markets, the Federal Deposit Insurance Company, and the Office of the Comptroller of the Currency for the US case (PWG, 2021), and in general by the BIS (BIS, 2022d).

a special sub-category known as stablecoins. We also describe publicly issued forms of digital money, represented in this case by central bank digital currencies (CBDCs).

Bank deposits are still the most popular form of digital money, usually denominated in the national unit of account and bearing low or no interest. This form of digital money, issued by commercial banks, is redeemable upon demand at face value and has a redemption guarantee that is backstopped by the government through the financial regulator and/or the central bank. Supervision and regulation of issuers ensures the safety of deposits as store of value. If banks lack enough liquidity to attend customers' withdrawals, they can obtain short-term liquidity from the central bank. In some countries, the deposits' function as store of value is strengthened through a deposit insurance scheme that protects, up to a certain limit, amounts held at commercial banks (Adrian and Mancini-Griffolli, 2021).

Cryptoassets, also referred to as cryptocurrencies, are digital elements, privately issued, usually denominated in their own unit of account, and capable of being acquired, preserved, and transferred electronically (Parra et al., 2019)[5]. The first known cryptoasset, Bitcoin, was created more than a decade ago with the purpose of achieving more independence from governments and from the traditional payment and financial systems. In this sense, cryptoassets represent an attempt to provide money in a private and decentralized manner, as opposed to publicly issued money which is provided by a central bank.[6]

Those digital elements or tokens are mostly issued by decentralized processes determined by computational algorithms. Transactions are recorded by means of distributed ledger technologies (DLT), mainly in a particular form known as 'blockchain'. In this specific DLT form, new transactions are bundled and verified in blocks and linked to previous ones in such a way that potential criminals would need to attack the entire chain in a highly decentralized system, making the probability of a successful attack very low, and hence offering highly secure transactions. Nevertheless, it is important to remark that this feature corresponds to the ledger and hence it does not guarantee the same level of security for crypto exchange platforms (i.e., intermediaries that facilitate cryptoassets transactions to their customers).

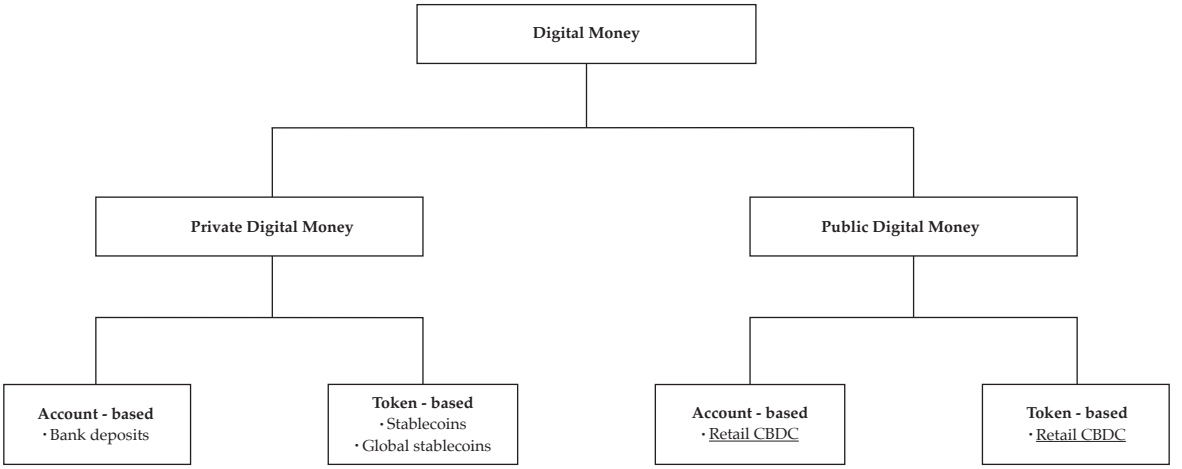
Most of the cryptoassets (Bitcoin and Ethereum among them) do not have an anchor: they are neither backed by other assets nor there is an institution committed to preserve their value stability. Consequently, they tend to exhibit very high value volatility which makes it difficult for them to adequately fulfil the money function of store of value. This in turn increases their demand for speculative purposes rather than as payment instruments.

In contrast stablecoins are designed not to suffer from high volatility, since their values are anchored to other assets. Stablecoins are a specific subset of cryptoassets that normally peg their value to traditional (fiat) currencies. Some are fully backed by a legal tender to which their values are pegged, while others are only partially backed and part of this backing may correspond to other types of liquid assets (e.g., commercial papers, precious metal, or even other cryptoassets). As long as the promise of a stable value remains credible, stablecoins may serve well the functions of store of value and medium of exchange, and therefore may represent a sound alternative to the traditional forms of money. Accordingly, some stablecoins have developed as the main medium of exchange inside the crypto sphere (Brunnermeier and Landau, 2022). On the one hand, the stability of stablecoins is not fully guaranteed, especially if they are partially collateralized. On the other hand, challenges to the effectiveness

5 For more information about "crypto" supply and demand market as a closed system, see Clavijo and Vera (2023).

6 As of August 2022, private figures (investing.com) reveal that there exist around 11.000 cryptocurrencies with a total market capitalization of US $1 trillion. However, only four of them (i.e., Bitcoin, Ethereum, Tether, and USD Coin) represent almost 70% of such a market cap.

Diagram 1.
Digital forms of money



Note: this diagram is a modified version of the Money Tree designed by Orr (2022).

of both monetary policy and payment system regulation may arise if a stablecoin is widely adopted with billions of potential users across the world, i.e., a so-called global stablecoin.[7]

Another form of digital money is the central bank digital currency (CBDC), which is a digital form of fiat currency that will be denominated in the national unit of account and will be a direct liability of the issuing central bank (BIS, 2022b). Thus, it is natural to expect that this digital form of fiat currency will be traded at par with other forms of central bank money. A retail CBDC is intended to allow consumers and firms to make payments and store value. As regards the first function, this form of money will allow retail transactions in person (i.e., person-to-person, person-to-business, and person-to-government transactions) and online, while the second function could be used to the extent permitted by the central bank, given that this latter may impose holding limits.[8]

Diagram 1 presents a schematic summary of the above-mentioned digital forms of money. The payment solutions offered by the private sector (bank and non-bank institutions) are located at the left-hand side of the diagram. This group includes bank deposits and stablecoins (local and global). The retail CBDC is located at the right-hand side of the diagram, where two possible transfer mechanisms (or access technologies) are identified: account based, and token based. The central bank's decision on whether to provide deposits accounts to the general public will be given by economic and technological reasons. More details on the design aspects of the retail CBDC will be presented in Section 3.

An alternative dimension of CBDC is related to cross-border payments (i.e., those coming from international trade, foreign investments, and remittances), which currently rely on correspondent banks who operate as intermediaries in these transactions. These payments suffer from some limitations related to their lack of efficiency, high cost, low speed, and limited

7 For instance, Diem, formerly known as Libra, was a project by Facebook (now Meta) -and hence with billions of potential users- intending to implement a global stablecoin. It was abandoned at the beginning of 2022.

8 A retail CBDC could also be used to fulfil the programmability function of digital money (i.e., recordkeeping of transactions), define the conditions under which units of value are being transferred (i.e., smart contracts), and enable decentralized transactions (see Lee, 2021; Allen, Gu, and Yagtiani, 2022).

transparency. These features led the Financial Stability Board to highlight enhancement of cross-border payments as one of its most relevant goals for the coming years (see FSB, 2020). When considering the use of CBDC to improve cross-border functionality attention has focused primarily on wholesale CBDC, which would be available to financial institutions that participate in these transactions. Some central banks and international agencies have argued that wholesale CBDC would allow a more efficient transfer and settlement of transactions across jurisdictions.[9] The international dimension of CBDCs will not be considered in the remainder of this document since its main purpose is to study the retail payments landscape at the local level.

2. Motivations that could make Banco de la República consider the issuance of its retail CBDC

A relevant part of studying a retail CBDC consists in identifying the gains it would bring compared to existing payment solutions. Some arguments in favor of this initiative claim that it could foster competition and innovation in payment services, while others contend that it can help with political economy concerns such as the low levels of access to financial services observed in some countries.[10] There is also a skeptical view on this subject that argues that retail CBDC is a solution in search of a problem (see Waller, 2021; Eichengreen, 2022). Although Banrep has no plans in the short term to develop a CBDC project, this section considers problems retail CBDC can solve, and whether any of these would lead the Colombian central bank to undertake its issuance.

2.1. Developing the digital economy

The digitalization of economic activities, i.e., online commerce, online payments, and new representations of value, has structural implications in several areas of the economy, including the payments landscape and the concept of money itself (Auer, et al., 2021b). Technological innovations have allowed the emergence of new digital means of exchanging assets, goods, and services and the rise of electronic payments, a trend that in some countries has accelerated in recent years, in part due to the COVID-19 pandemic.

According to Usher, Reshidi, Rivadeneyra, and Hendry (2021), issuing a retail CBDC could be part of the central bank's reaction to a situation in which it wants to support the continuous development of the digital economy by trying to solve some market failures or foster the competition and innovation in digital payments markets.[11] A retail CBDC could enhance existing payment services and benefit a larger portion of individuals by providing digital payment services at low cost.

The digital economy also enables new functionalities like programable money and smart contracts, which initiate payments when certain conditions, previously specified by the end user, are met.[12] These functionalities could open the financial industry to many possibilities in payment innovation and could be useful for transactions in capital markets, benefitting both wholesale and retail investors. Cost savings

9 Wholesale CBDC models for cross-border payments may either rely on coordinating standards, interlinking bilateral systems, or sharing a common multi-CBDC platform (see BIS et al., 2021, and Auer, Haene, and Holden, 2021a).

10 Previous literature has also considered the CBDC remuneration (i.e., bearing an interest rate) as a possible motivation for its issuance, regarding the potential use of this remuneration as a monetary and even as a fiscal policy tool (see, for instance, Bjerg, 2017). However, to our knowledge neither recent central bank documents nor academic papers present it as the relevant motivation for issuing retail CBDC. In Section 5.3 of the present paper, we mention some details related to the effect of an interest-bearing retail CBDC on the transmission of monetary policy.

11 Usher et al. (2021) also developed an alternative scenario that evaluates a cashless digital economy or a situation in which a cryptocurrency or a stablecoin substantially gains popularity in the country as a payment instrument.

12 A programable CBDC is one in which a program can be stored. A smart contract is a computerized transaction protocol that executes the terms of a contract; these may depend on events, identities, states or time, and their execution is enforced without relying on a trusted authority.

and enhanced efficiency are particularly relevant in the parts of the finance industry where the cost of intermediation is high and its efficiency is low (see Usher et al., 2021). On the other hand, these new functionalities can also involve some risks arising from the dependency of smart contracts on external data sources for their execution or from malicious attacks that may result in financial losses.

In Colombia, the National Development Plan 2022-2026 states that the government maintains its commitment to promote "a digital transformation as the engine of opportunities and equality", supported by the promotion of competition in the provision of digital services (DNP, 2023). Although the digital transformation is an explicit goal for the Central government, fostering the digital economy is not among the policy objectives of Banrep. Therefore, this goal by itself would not be enough to consider the introduction of a retail CBDC in the economy.

2.2. *Improving the efficiency and safety of retail payments*

One of the most relevant mandates of central banks is to support safe, reliable, and efficient payments (Usher, et al., 2021).[13] To fulfil this mandate, Banrep has been continuously reviewing and implementing technological solutions aimed at improving access to payment services. A recent project built with the specific purpose of enhancing payment transfers between consumers and businesses is the creation of a fast payment system, which will be launched in 2025. The purpose of this project is to allow payment transfers in real time, in a safe and efficient way. There is a fast payment system administered by the private sector that has been operating since February of 2020 (Transfiya), but it is not yet fully interoperable. To solve this issue, the central bank decided to step in and develop its own instant payments infrastructure to offer immediate payment services at low cost.

Another type of payments innovation is retail CBDC, which could also facilitate payments in real time. However, since this goal (real-time payments) could also be achieved with a well-developed fast payment system, this property that would be obtained with the retail CBDC could not be considered a compelling reason to issue central bank money in digital form. Indeed, a fully operational fast payment system is among the goals that Banrep plans to achieve in the medium term. Therefore, providing real-time payment services through a retail CBDC would not be a strong reason to issue this new form of central bank money.

A further dimension of providing secure and efficient payment services relates to the potential of the retail CBDC to promote competition for financial services and reduce transactions costs for end users (BIS, 2022b). The provision of safe payments also requires specific actions to prevent cyber-attacks on the infrastructure, payment service providers (PSPs), and end users. However, all these issues could also be solved with an adequate regulation. Therefore, it can be said that for the Colombian case, safety and efficiency considerations would not be the main reasons for issuing the retail CBDC.

2.3. *Forestalling wide adoption of unregulated stablecoins*

As explained in Section one, cryptoassets are part of the new attempts to develop privately issued digital money and thereby increase speed and lower costs in the payment system. However, since they are neither anchored nor backed by a central party, their values are highly volatile and do not satisfactorily fulfil the basic functions of money. Stablecoins are a special subset of cryptoassets intended to fix this problem by pegging its values to other assets (although they may vary widely in other design characteristics). By incorporating value stability, stablecoins try to become a sound alternative to traditional forms of money, as a store of value and as a medium of exchange.

13 Usher et al. (2021) explain other actions taken by central banks to fulfil this mandate.

Widespread adoption of stablecoins as a payment instrument could give rise to a variety of risks, related to higher difficulty in the prevention of illegal activities, loss of monetary sovereignty (and hence monetary policy effectiveness), fragmentation of the payment system, and possible operational and financial failures. Like other cryptoassets, stablecoins allow for a high level of anonymity in transactions. While this may be a useful feature to protect users' privacy, in the absence of supervision and regulation this feature also facilitates tax evasion and increases the difficulty of preventing money laundering and fighting the financing of terrorism and other illicit activities.

Another concern that may arise from a widespread use of unregulated stablecoins relates to monetary sovereignty. If a stablecoin denominated in a foreign currency became widely used in a country, the effects would be similar to dollarization: the monetary authority would lose control over a significant part of money supply in the economy and hence its monetary policy actions would become less effective i.e., a significant substitution of the local fiat currency for stablecoins would limit the transmission of monetary policy.[14] This currency substitution will be more likely if the central bank is not able to fulfil the demand of the population for digital financial and payment services (see Araujo, 2022).

Regarding fragmentation, and as highlighted by Brunnermeier and Landau (2022), money digitalization implemented by private issuers naturally works against the uniformity of currency and in favor of closed systems, dominant positions, and inefficiencies. Each issuer has incentives to maximize her own benefits by creating differentiated and special-purpose money and setting up barriers to interoperability with other systems. In a fragmented system, different types of currency become imperfect substitutes, generating uncertainty on the value of money. Furthermore, a system of competing platforms that are not interoperable facilitates hacking and theft: market share is prioritized at the expense of security (BIS, 2022c).

As noted earlier, stablecoins may be fully or partially backed by other legal tender or liquid assets. However, a stablecoin may be unable to guarantee stability, due to sudden loss of confidence or, as noted by the Bank of England (2020), because of characteristics such as the nature of the backing assets or the way they are held. In turn, uncertainty about a stablecoin's value or large fluctuations in it may pose significant risks to financial stability (e.g., liquidity or non-payment risk). Currently, the crypto universe still has significant limits to its technical capacity to scale without compromising security, facing congestion and/or imposing exorbitant fees (BIS, 2022c).

Stablecoins face many of the same basic risks as traditional payment systems, including credit risk, liquidity risk, operational risk, and settlement risk, which can undermine the redemption guarantees of the nominal value of these digital currencies. The effects that such a situation could cause in an economy could be amplified since private firms that provide this type of digital money lack access to central bank liquidity (Adrian and Mancini-Griffoli, 2021).

All the aforementioned potential risks might be mitigated by the issuance of a retail CBDC that prevents the expansion of the use of stablecoins by offering a competitive and safer alternative to proposed private digital moneys. As explained in the next section, some desirable properties in the design of a retail CBDC (e.g., high interoperability, inexpensive and fast transactions) may easily deter the potential expansion of stablecoins and other cryptoassets (regarding their demand as a means of payment; nevertheless, the speculative motive will remain—which may be very relevant in the case of the other cryptoassets).

However, as pointed out by Kahn (2022), the fact that the issuance of a retail CBDC may mitigate those stablecoin-related risks does not mean that it is the

14 The popularization of stablecoins may not currently be observed in the Colombian economy, but it is in other countries like India (see Lemus, 2023).

best or unique solution. Alternative solutions must be also assessed. For instance, the US President's Working Group on Financial Markets released in 2021 a report (PWG, 2021) in which it makes several recommendations to the Congress to address potential risks of stablecoins, in terms of supervision and regulation (e.g., legislation should require stablecoin issuers to be insured depository institutions and the corresponding custodial wallet providers to be subject to federal oversight). It is also possible that a credible, low inflation and flexible exchange rate regime may be sufficient to minimize the risk of expansion of stablecoins if it also offers an efficient and fast payment system highly interoperable between private and public payment services with no need of retail CBDC issuance.

2.4. Fostering Financial Inclusion

Several definitions of financial inclusion have been proposed in the related literature. Perhaps one of the most complete is that of the World Bank (2022), which states that this concept measures the portion of individuals and businesses that have access to affordable financial products and services that meet their needs, including transactions, payments, savings, credit, and insurance, delivered in a responsible and sustainable way.

This definition leads us to examine the current criteria used to measure financial inclusion. The most known, unbanked population refers to the percentage of individuals or households that lack access to deposit accounts. An alternative measure, underbanked population, refers to individuals and firms that have deposit accounts at an insured institution and use alternative financial services (i.e. payday loans) to obtain funds outside the banking system (see FDIC, 2017). When comparing these measures, considering the World Bank's definition, the latter seems to better reflect the degree of access of the population to formal financial services because it contains information on deposits and credit. But such a measure is not available for the Colombian case, which forces us to work only with an imperfect measure of financial inclusion.

In Colombia, the national government program, Banca de las Oportunidades, states that financial inclusion has gone from having 57,3% of adults with at least one formal savings or credit financial service in 2009 to 91,8% in June 2022. But as mentioned in World Bank (2022), access to formal financial products is a necessary but not sufficient condition for improving financial inclusion since the effective use of these services is required. In terms of use (*Indicador de uso*, Banca de las Oportunidades), the percentage of adults with any active or valid financial product was 76,9% in June 2022. In fact, the situation is slightly different when analyzing the effective use of the financial services indicator, which shows lower levels, mainly in rural (54,8%) and dispersed rural (42,8%) areas, individuals over 65 years of age (57,7%), and in women (74,7%) by June 2022 (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2020; Acosta and Londoño, 2022). These last results are in line with those reported by the last survey of Banco de la República on payments instruments usage, which reveals that the use of any financial product (i.e., deposits accounts, debit or credit cards, checkbooks, electronic deposits, or credits) was 56,9% in 2022.

Access to traditional forms of money (cash and deposits) implies, in some cases, a cost for its users. In fact, the costs associated with the use of some financial services is one of the reasons why some people are still unbanked (BIS, 2020). Both consumers and merchants incur some costs for using/accepting banking cards. Merchants must assume a cost for accepting debit and credit cards at the point of sale (POS), which are not negligible, and vary according to the size of the transaction (Kosse et al., 2017). Debit and credit card holders also assume costs, in the form of periodic fees, in the first case for the management of deposits account and in the second case for the right to finance their payments with credit (Kosse et al., 2017). Since these costs tend to limit the access of the unbanked population to these payment services, it is not surprising that lower banking costs are positively correlated with a greater financial inclusion. In short, the latter would allow better access to formal financial services (Allen et al., 2012).

In the past several years, FinTech innovations have driven impressive progress in financial inclusion, especially in emerging markets and developing economies. Most of this progress has been fueled by new digital technologies, often supported by government and central bank policies. These strategies have ensured that households and businesses have access to safe and efficient payment options (BIS, 2020). These new technologies (e.g., payment applications and mobile money) have improved access and use of digital transactions, and the ability to pay and save in the formal financial system. They have been key drivers of progress in access to deposit accounts. For instance, increasing mobile phone ownership has helped users access different financial products without going to a bank branch, resulting in lower cost and higher efficiency.

The latest report from the Ministry of Telecommunications (second quarter of 2022) reveals that in Colombia the total number of mobile phones is 77,9 million, of which only 37,9 million allow internet access. That is, although most of these devices are smartphones, a considerable part are regular mobile phones (MINTIC, 2022). Thus, given that the total country's population is 52,2 million inhabitants, internet access through these devices is close to 72,6%. These figures explain that while access to mobile phones has increased over time, this has not necessarily translated into more effective use of digital payment services.

Many people remain outside the formal financial system due to persistent barriers to inclusion, such as high cost, low financial literacy, and low connectivity access in remote areas (Demirgüc-Kunt et al., 2018; Boakye-Adjei et al., 2022). The limited competition and concentrated market structures in the financial sector give rise to high transactional costs and poor services, which tend to limit access for low-income users. Another relevant barrier is geographic, and it is mainly related to rural and remote areas that have connectivity problems. In these areas, cash is still the best option, more convenient than a bank account or digital payments that require a bank branch, computer, or mobile phone (Rueda et al., 2015; Demirgüc-Kunt et al.,2018; Ozili, 2020).

While retail CBDC could address many barriers to financial inclusion, the question that remains is whether financial exclusion would be a sufficient reason for Banrep to issue a retail CBDC, especially when financial inclusion is a policy under the responsibility of the national government and the Central Bank does not have a specific mandate on this issue. Alternative solutions include introducing regulation that promotes competition among deposit institutions, reducing bank fees, and continuing to support financial education programs that help individuals handle different financial products (i.e., savings or credit), compare different financial offers, and improve their confidence in formal financial institutions (see OECD, 2014).

2.5. Conclusions to Section 2

As discussed throughout this section, presumably none of the arguments considered are convincing cases for the public provision of digital money under the current conditions of the economy. However, this finding does not exclude the possibility that one of these might justify the issuance of the retail CBDC in the future. That would be the case of a sudden popularization of unregulated stablecoins which, as explained above, could reduce the transmission of monetary policy, lead to a fragmentation of the payment system, and represent potential risks to financial stability mainly related to the risk of redemption.[15] While this last issue could be lessened by implementing a proper regulation for stablecoins, the former two could lead the central bank to consider introducing retail CBDC in the economy.

15 Redemption risk may arise when the underlying asset(s) are insufficient to allow the stablecoin to be redeemable by its reference value. As a result, the peg value does not hold (see BIS, 2022d).

3. Possible design aspects and properties of a retail CBDC for the Colombian case

While it is true that the motivations reviewed in Section 2 do not support the immediate issuance of a retail CBDC for the Colombian case, it is not at odds with the emergence of a strong argument that would support this initiative in the future. This Section selects some design aspects that could meet the needs of the country, which will define the main framework used to discuss the expected macroeconomic effects of a retail CBDC.

3.1. Retail CBDC architectures

The design of a retail CBDC critically depends on the technical architecture that defines its provision and payment related services. In the *direct CBDC*, the central bank performs all functions, from its issuance, distribution, and transfer to its redemption in other forms of central bank money, like cash. In the *indirect CBDC*, which is also known as *synthetic CBDC*, this form of digital money will be a direct liability of commercial banks fully backed by their reserves at the central bank (see Adrian and Mancini-Griffoli, 2021). In contrast with these two extreme cases, the *hybrid* and *intermediated* architectures are in a better position to meet the needs of the Colombian economy than the other alternatives, since both rely on a public-private collaboration between the central bank and private entities providing payment services (PSPs).[16] In these last two architectures, the retail CBDC will be a direct liability of the central bank which will be the exclusive issuer of this form of digital money, but commercial banks will be in charge of distributing it, in the same way it currently works with cash. These two-tier architectures only differ in that the central bank keeps the central ledger with all transaction's information in the hybrid model, while in the intermediated model it only maintains the wholesale ledger (Auer, Cornelli, and Frost, 2020; Auer and Böhme, 2021).

3.2. Other design aspects

The proper design of a retail CBDC would be key to determining its level of adoption by individuals and businesses. The levels of acceptance and use as a new payment instrument depend on some economic aspects, which can be adjusted to meet the central bank objectives as well as to secure the interest of potential users.

One of these aspects relates to whether the retail CBDC will be an interest-bearing asset or not. A non-interest bearing CBDC is more like a digital version of cash, while a positive interest-bearing CBDC would be a closer substitute for savings vehicles. But if the CBDC rate exceeds the rate paid by commercial banks on deposits, it could cause unwanted pressures on these latter, forcing them to use alternative liquidity sources to fulfil their intermediation function. A negative interest rate on retail CBDC would only be possible if cash disappears (or conversion limits are effectively imposed), since cash is the only form of money that guarantees the zero-lower bound of interest rates (see Bjerg, 2017). As regards this design aspect, an interest-bearing retail CBDC with a rate set below deposits rate could allow it to satisfy the store of value function better than cash, without causing disintermediation (and, in turn, negative effects on investment and economic activity) and without encouraging its use as a form of investment. However, since this design aspect can be subject to active debate, we leave it as a parameter that can take a zero or positive value in the following sections.

Data governance is another design aspect that could determine users' demand for a retail CBDC. Both the hybrid and intermediated architectures allow the central bank to set the level of privacy, by establishing rules that must be followed by the payment service providers. This requires the design of a specific regula-

16 The central bank can also widen the range of institutions authorized to channel central bank money to individuals and businesses by additionally allowing payment services providers to fulfil this function. Payment services providers are private entities (banks and non-banks) that distribute the retail CBDC and offer payment related services.

tion that will establish the appropriate treatment of the data collected, forbidding data sharing and trading. This regulation must be aligned with the current Data protection Law of Habeas Data (Law 1266 of 2008) that rules all financial transactions in the country.

Another important design consideration is the possibility of setting limits on users' holdings and/or spending of CBDC. These limits could safeguard users from cyberattacks targeting their balances or transactions and reduce the demand for retail CBDC as store of value in competition with bank accounts. Setting limits on retail CBDC holdings could also allow to deal with the tradeoff between privacy and transparency (i.e., in terms of the identification of users to fight fraud and illicit transactions (see Allen et al., 2020)). The Colombian central bank could offer digital wallets with small holding limits and a high level of privacy for people that place a high valuation to their transaction data. For those that are comfortable disclosing all their data, a wallet with high holding limits and low levels of privacy will meet their needs. No doubt, the protection of user transactions information will be key to ensuring a high level of adoption, which could be achieved by imposing reasonable limits to minimize the collection of users data.

Other technical design choices that the central bank will also need to select are the transmission mechanism or access framework (i.e., digital tokens vs digital accounts) and the technological infrastructure (centralized vs DLT -distributed ledger technology) on which this form of digital money will be based. These technical alternatives can be considered in its due time, that is, after all the design aspects (economic and technological) have been selected.

3.3. Desirable properties in a retail CBDC

There are three technological aspects that could allow the central bank to offer a well-designed retail CBDC: interoperability, scalability, and resiliency. A fully interoperable system for all existing payment solutions would be desirable but may not be easy to achieve due to the different validation mechanisms that rule different systems (see Boissay et al., 2022). A retail CBDC interoperable with other forms of money could prevent the fragmentation of payment systems that occurs when users face costs or difficulties when paying users of other systems (Bank of Canada et al., 2020). Hence, the central bank should design the retail CBDC in a way that it would be freely exchanged with other forms of money, especially cash and bank deposits (Auer, Cornelli, and Frost, 2020). A fast payment system that is interoperable with other forms of money would be another way of avoiding the problem of fragmentation by facilitating transfers between closed-loop systems.

A second technical desirable property of retail CBDC consists of avoiding the scalability problems that have arisen in crypto assets transactions. A wide adoption and popularization of retail CBDC could provoke problems at times of peak usage. To avoid scalability problems the system requires sufficient technical capacity to handle high volumes of transactions without delays.[17]

Lastly, the retail CBDC must be resilient, which means having the capacity to rapidly resume operations after cyberattacks or failures in the critical infrastructure related to the functioning of the system, such as energy and internet. The latter (i.e., resilience to outages) is analyzed in the next section. With regard to cyber risk, it has become a major concern for the financial sector, primarily due to the increasing frequency and sophistication of recent cyberattacks directed to financial institutions and financial market infrastructures.

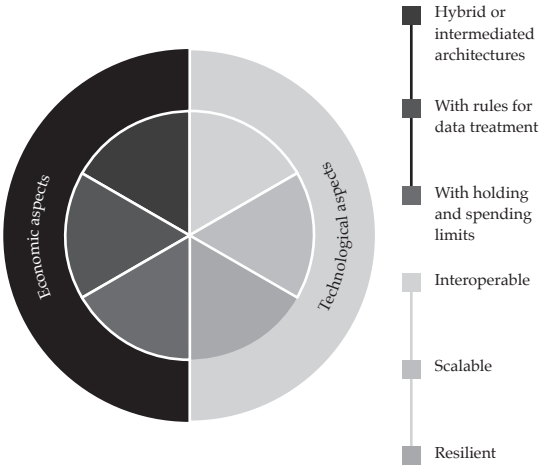
Since 2020, most central banks, and especially those in emerging market economies, have been increasing their investments in cyber security with the aim of developing a proper response to cyberattacks that could

17 Project Hamilton conducted by the Boston Fed and the MIT's Digital Currency Initiative is exploring the improvement of the scalability properties of the CBDC system, among other technical challenges.

affect critical financial market infrastructures, like the large-value payment system (see Doer, et al., 2022).

With a retail CBDC in operation, intensive cyber security work would also be required to mitigate the risks that such attacks could represent to the CBDC infrastructure (either administered by the central bank or a private institution), the PSPs, and its users. Specific actions and strategies will need to be developed, with the aim of protecting the users of this form of central bank money, as well as guaranteeing the integrity and resiliency of the CBDC infrastructure and that of all its related services (e.g., issuance, distribution, and redemption). For Araujo (2022), the resilience of the CBDC system to this type of disruptions must be comparable to that adopted in other financial market infrastructures.

Diagram 2.
Design aspects of a retail CBDC for the Colombian case



The design features of a retail CBDC that can satisfy the needs of the Colombian economy are summarized in Diagram 2. Three economic (i.e., hybrid or intermediated architectures, with rules for data governance, and holding and spending limits) and three technological (i.e., interoperable, scalable, and resilient) design aspects are selected. These design features are used as a framework to delimit the analysis of its potential macroeconomic effects, which will be discussed in Section 5.

4. Microeconomic determinants of retail CBDC adoption

In section 2 we listed possible arguments in favor of developing a retail CBDC. These arguments are, however, irrelevant, if the retail CBDC as designed fails to generate a customer base. Payment services constitute a network, formed by a collection of users (nodes) connected by their transactions (links). An industrial organization viewpoint emphasizes the distinctive features of services provided in networks. According to Shapiro and Varian (1999), a product exhibits network externalities or network effects when its value to one user increases with the number of users. Payments services are an example of a market that exhibits network effects, to the extent that the suitability of a payment solution is strongly tied to its level of adoption (see BIS, 2022c). Thus, network effects play a crucial role in determining the demand of new users; as the number of users increases, the network effects will also increase. Because of network effects, it is difficult for a new payment method to achieve critical levels of use necessary to become viable. Some important payment instruments' characteristics that influence a consumer's choice of a means of payment are privacy, safety, and convenience (Humphrey, 2010). To achieve the required level of adoption, a new payment method needs to be sufficiently attractive in one of these dimensions to generate a critical mass of users, upon which the network effects can begin to work.

In this section we consider whether some of the features previously discussed can be used to attract an initial customer base to a retail CBDC. We focus on data privacy management, resiliency to unexpected incidents, and financial inclusion to analyze the conditions that would allow the monetary authority to have a critical mass of users for the retail CBDC. In each case, a group of clients can be evidence that particular characteristics such as certain balance between

anonymity and transparency, the necessity of offline payments, or lack of access to regular financial services could represent a potential demand base for this type of digital instrument. It is essential to clarify that although there would be a potential source of demand for retail CBDC, these groups of people could consider other alternatives to meet their needs.

4.1. Data privacy management

In a payment ecosystem with a retail CBDC, the banked population will divide its holdings between deposits, cash, and the retail CBDC. Cash is the payment instrument that provides the highest level of anonymity to its users. Electronic and digital payment solutions (i.e., debit and credit cards, and electronic funds transfers) allow perfect traceability of transactions, as they identify both the sender and receiver of a payment, as well as the amount and time in which such payments were made. A similar level of traceability could apply to a retail CBDC, given that the central bank or PSPs will execute know-your-customers checks to prevent its use in illicit transactions. To encourage the use of retail CBDC by customers who value privacy, data privacy management should be governed by a specific regulation that limits recordkeeping to a minimum and inhibits its use for commercial purposes.

These issues have been examined in models with a variety of forms of money and agents with heterogeneous preferences regarding anonymity in their transactions (see Agur, Ari, and Dell'Aricia, 2022). Illicit activities usually involve transactions of high amounts and participants that seek to remain unidentified. However, not all transactions of high amounts are related to such activities, and not all individuals that place a high valuation on their privacy are engaged in illicit transactions. Hence, getting the right balance between anonymity and transparency is not straightforward. Besides, digital transactions that use regulated forms of money cannot be entirely anonymous, due to the tradeoff that exists between anonymity (privacy) and transactions transparency. Therefore, the combination of anonymity and transparency needs to be tailored to potential users.

The situation is made more complicated by asymmetric information as regards the type of retail CBDC users, defined in this case by those who highly value the privacy of their data, and those who are willing to share all their transaction information. The central bank cannot identify the user type before offering its digital currency. Thus, to attend all segments of potential users, it can design a menu of contracts that meet their needs, which could be represented by a set of digital wallets with different holdings limits and distinct levels of privacy (as mentioned in Section 3.3). Two or three combinations of these arguments could serve to meet the needs of all types of end users.

4.2. Resiliency to unexpected incidents

The CBDC infrastructure and all its related services should be resilient to the occurrence of power outages and internet failures, in the sense that it must continue operating, while avoiding double spendings and protecting the system from financial crimes. Specific actions should be designed to guarantee the resiliency of the CBDC infrastructure to disruptions, especially when using the retail CBDC offline.[18] This might require the implementation of special protocols that allow the successful completion (settlement finality) of offline transactions in these contingencies.

Cash represents a useful alternative to digital payments in case of a service breakdown due to a temporary suspension of electricity or the internet. However, as the use of cash declines, the resilience of the electronic payment system becomes vital. Furthermore, power supply disruption or internet connection issues may be more frequent in some specific locations, e.g., because of geographical difficulties or poor infrastructure conditions where, in addition, it is more likely to

18 Project Polaris, launched by the BIS Innovation Hub's Nordic Centre in February of 2023, is intended to explore the security and resilience issues that may arise when using the retail CBDC offline.

find substantial barriers to financial inclusion. As a result, operational disruptions in payment systems usually affect some population groups more than others. Thus, operational resilience can be a factor of attractiveness for an initial set of users.

As remarked by the Bank of England (2020), the issuance and the design features of a retail CBDC may have significant (positive and/or negative) effects on the resiliency of the payment system. A retail CBDC may become victim of its own success if it reduces diversity of payment options and, consequently, discourages innovation and the speed of progress in resilience and efficiency of the entire system. In the same way, negative effects would also be expected if the retail CBDC substitutes cash and reduces its use (and supply) substantially, leaving the economy almost without an offline payment alternative. To avoid such effects the central bank needs to provide, linked to the CBDC system, a contingency against digital network disruptions. On the other hand, by providing an additional network a retail CBDC contributes to resilience in payments since it is less likely that two different networks (including that of CBDC) suffer interruptions at the same time.

We draw on Bank of England's (2020) analysis to briefly highlight two elements that may help increase CBDC's operational resilience. The first one is decentralization. Involving multiple entities to store and process data mitigates the risk of information loss and facilitates operational continuity despite interruptions in parts of the system. Moreover, decentralization may be useful to solve the aforementioned problem related to diversity in geographical conditions and difficulties. Of course, these benefits come at a cost in terms of efficiency (e.g., data duplication) and data privacy, and new challenges related to the need of coordination and synchronization among the entities involved. It is also essential that the central bank retains overall control of the CBDC network. The second aspect is the development of offline payments. As mentioned above, it is very important to mitigate potential risks in case of the use of cash drops significantly. However, to our knowledge, the development of this type of technologies is still experimental and costly. Some central banks are studying options, as mentioned by BIS (2022c): Bank of Canada have explored the use of universal access devices in which individuals securely store and transfer retail CBDCs. Something similar has been explored by Bank of Ghana, linked to the existing mobile money agent networks.

In short, the resilience of the CBDC system to the different types of incidents that may impact its normal operation may require the design of a robust infrastructure, which could offer the offline functionality in its services (avoiding double spending) while allowing its users to enjoy the benefits of positive network externalities.

4.3. Financial inclusion

As mentioned in Section 2.4, the cost associated with some financial services is one of the reasons why some people are still unbanked (BIS, 2020). As a result, there is a considerable group of people that remains without financial services, using cash in all their transactions. This section only considers the costs that could explain financial exclusion.

The costs of using cash in face-to-face transactions are non-pecuniary and are mostly represented by the costs of carrying banknotes and coins to the place where the transaction occurs. These costs affect both the banked and unbanked population. In non-face-to-face transactions, like e-commerce, the unbanked population must assume pecuniary costs represented by the fees for transferring funds or non-pecuniary costs represented by the risk of entrusting someone else to deliver the money. In general, the access of the unbanked population to digital transactions is limited, unless they incur additional fees to pay in advance for the purchase or use cash-on-delivery services if these are available.

The low availability or lack of POS terminals in retail businesses also plays a role in the consumers' pref-

erence for cash. That is the case of rural and/or remote areas, where most commercial activities are made in cash. POS terminals are more commonly found in formal businesses where low-income population (mostly unbanked) are less likely to shop. As a result, cash is the only payment instrument that can be used in these specific contexts (Mazzotta and Chakravorti, 2014).

The emergence of new payment solutions, mostly based on traditional banking and FinTech services, has reached a large portion of the population, especially the unbanked. In the last decade, the financial services offered by electronic deposits and payment services (SEDPEs) like Nequi and Daviplata, have allowed the population to execute retail payments without requiring a formal nexus with the financial system. Both SEDPEs have shown a substantial growth in recent years (e.g. Daviplata has gone from 5,9 million of clients in 2019 to 15,8 million in 2022).[19] Indeed, SEDPEs services have contributed to improve financial inclusion at the customer's and merchants' levels (i.e. several informal businesses are already accepting payments with Nequi and Daviplata).

A retail CBDC can reduce transaction costs, which in the case of bank deposits, usually represent a high financial burden for the low-income population (Náñez et al., 2020). This digital form of money can also extend the benefits of using central bank money in digital payments at low or no cost, which would be particularly valuable for the unbanked population. Retail CBDC would be especially relevant in countries where maintaining a high volume of low-value payments and other financial services could allow the entry of new players, due to its complexity or unattractive character for commercial banks or e-money operators (e.g. SEDPEs), keeping many people without access to such services. In this way, CBDCs can help address the problem of insufficient reach of existing payment systems (Didenko and Buckley, 2021).

In short, introducing the retail CBDC in the Colombian economy could improve financial inclusion if this form of central bank money could attract the unbanked population as a customer base. To achieve this goal, the design of the digital currency should consider the possibility of offering its services with low or no costs for the population. The retail CBDC could allow these users to enter the financial system and the online world without assuming fees for these services, as it occurs when the private sector (i.e., banks or other financial institutions) provides them.

5. Expected macroeconomic effects

Since CBDC is a very recent topic and there is not much practical experience about it (e.g., at the moment of writing this report it is not yet in place in any major economy), it is still too early to have direct evidence of its macroeconomic impact. As mentioned by the Bank of England (2020), this is one of the topics for which further research is needed.

On the one hand, there might be some indirect evidence from a case like that of mobile-phone payment systems; however, such a case mainly corresponds to low-income countries (e.g., Kenya, Nigeria) and is primarily related to financial inclusion purposes. On the other hand, and in a more general view, there are some papers that intend to analyze the impact on welfare or some other macroeconomic variables from a theoretical perspective. This section is mostly based on the latter analysis with the caveat that such research is still in its early stages. It is expected that future studies, preferably from a general equilibrium perspective and considering very different situations (e.g., very distinctive retail CBDC design features), will provide more robust conclusions.

19 https://www.larepublica.co/finanzas-personales/mas-de-ocho-millones-de-personas-usan-billeteras-digitales-en-colombia-2931216
https://www.larepublica.co/finanzas/los-colombianos-compraron-unos-6-4-billones-mediante-daviplata-el-ano-pasado-3548561

This section presents some potential macroeconomic effects that could be expected if the central bank decides to issue this form of digital money, considering mainly the framework described by the following set of design aspects: a retail CBDC that relies on a two-tier architecture (either hybrid or intermediated since, like in the current payment system, these options are based on public-private collaboration), with holding and spending limits (to tackle the inherent trade-off between privacy and security), and a specific regulation that will enable a proper data management. Since there is no definitive decision about offering the CBDC as a cash-like or as an interest-bearing asset, we consider different scenarios, with zero and non-zero interest rates.

5.1. Expected effects on interest rates and (potential) financial disintermediation

A retail CBDC might have important effects on the structure of the payment system and, as a result, on the entire economy. One instance in which those effects might occur is the level of bank intermediation. If the retail CBDC pays an interest rate higher than the one paid by bank deposits, commercial banks would need to increase their rates and still some level of disintermediation may occur, i.e., a reduction in funding for banks and, consequently, in the provision of credit. But even in the case that this form of digital money pays no interest (or a very low one) there may still be some pressure for disintermediation caused, for instance, by lower transactions costs associated to CBDC payments and transfers compared to banks deposits. In any case, a permanent decline in lending supply (or an increase in its cost) would affect investment, innovation, and economic growth.

A possible solution to the potential disintermediation problem would require the central bank to significantly increase lending to compensate for the reduction in commercial bank funding (Brunnermeier and Landau, 2022).[20] This may imply changes such as accepting lower collateral quality from banks. If, instead, the central bank decides not to lower the collateral quality requirements, the size of the non-collateralized interbank market may increase substantially and the monetary policy rate would become less relevant for the determination of other market interest rates (i.e., a weakening of monetary policy transmission and effectiveness). The Bank of England (2021) calls attention to the fact that it is also likely that commercial banks need to borrow more frequently and unexpectedly in wholesale money markets (increasing volatility in market interest rates) and try to get additional funding from longer-term sources (which may reduce maturities mismatch in their intermediation function but will also increase their funding costs). Another form of partial mitigation of the problem would be to impose spending and/or holding limits such that large savings and transactions are still processed through commercial bank accounts.[21]

Vargas (2022), based on the analysis of Andolfatto (2021) (who models the case of a monopolist commercial bank), concludes that for the case of Colombia, where the banking sector exhibits high levels of concentration, there would be minimum impact on the level of intermediation and the lending rates. A monopolist bank optimally links its lending rate to the monetary policy rate and not to the retail CBDC interest rate. If the retail CBDC rate is higher than the one for deposits, the monopolist bank will increase the latter to match the former one, and hence the retail CBDC would substitute cash but not deposits in equilibrium. Furthermore, the monetary policy transmission to deposit rates could be weakened (if those rates match and become fixed at the retail CBDC rate) but then, as already mentioned, a greater fraction of bank funding would be directly linked to the policy rate and such a

20 Brunnermeier and Niepelt (2019) maintain that with a strong commitment from the central bank to serve as lender of last resort, the issuance of CBDC there would not cause a reduction in bank funding but only a change in its composition.

21 A design-related solution to the disintermediation problem would be the implementation of a hybrid (or two-level) retail CBDC in which, as explained in Section 3, the issuance is the responsibility of the central bank but the private sector (e.g., commercial banks) is in charge of the distribution.

rate would keep being the relevant cost for bank lending, i.e., the transmission to lending rates would have very limited impact.[22]

5.2. Expected effects on Financial Stability

Besides financial disintermediation, other potential effects of retail CBDC on financial stability relate to bank risk taking, effects on competition, and susceptibility to bank runs. Similar effects and risks could arise from new forms of privately provided digital money (i.e., stablecoins); therefore, regulatory authorities should establish adequate regulation that limits unintended consequences on the financial system and the entire economy. These regulatory requirements for digital forms of money, whether privately or publicly provided, are out of the scope of this document.

As mentioned in the previous subsection, the introduction of a retail CBDC in the economy may influence bank funding given that it can make bank customers prefer to shift their deposit account balances into this new form of central bank money. Any loss in customer deposit funding base (i.e., if the CBDC design features — e.g., interest-rate bearing — imply the substitution of deposits rather than the substitution of cash) would require banks to consider a combination of actions to try to maintain regulatory ratios and risk-adjusted profitability.[23] These could include partially switching to alternative market-based funding sources that could be more expensive and less stable, increasing bank risk taking and lending rates, or leveraging its role as a retail CBDC intermediary, to reduce its assets or deleveraging. If, on aggregate, banks switch to alternative funding sources, such as issuing long-term debt, their funding costs would increase, which could reduce their profitability if they continue to lend at the same interest rates they charged before the retail CBDC was offered. If, on the other hand, banks want to keep their profitability level unchanged, they will increase interest rates on loans, which could make them more sensitive to market conditions (see BIS, 2021b).

The retail CBDC could additionally increase the level of competition in the deposit market. In this regard and under the scenario of an imperfectly competitive banking system, Chiu et al. and Andolfatto (2021) argue that if this form of digital money is remunerated (at a relatively low rate) greater allocative efficiency is achieved: higher competition induces more favorable contractual terms for depositors and hence increases the supply of deposits, which in turn expands bank lending. In other words, the introduction of the retail CBDC could limit monopoly profits of banks and induce them to offer more loans to individuals and firms. In contrast, it has been claimed that the retail CBDC could also change the structure of the banking system, especially that of small banks with little access to wholesale funding markets. In such a case, it could be expected a wave of mergers and acquisitions that could end up giving rise to a much more concentrated banking sector (BIS, 2021b).

Another potential impact of the retail CBDC relates to an increase in the likelihood of bank runs during periods of financial stress; however, this possibility hinges on the CBDC's design features. In a payment system where deposits and retail CBDC are close substitutes, e.g., with an interest-bearing retail CBDC, it could be expected that bank customers may be more willing to make substantial transfers of their bank deposits (into retail CBDC's accounts or digital wallets) when they perceive some signals of financial stress. In contrast, the implementation of a cash-like CBDC would not seem to increase the probability of bank runs with respect to the current scenario, since there already exists online and hence rapid access to bank transfers and withdrawals, and such a CBDC would not decrease

22 Instead, under a perfectly competitive banking system, banks pass the increase in funding costs to the borrowers and therefore aggregate lending falls (Keister and Sanches, 2021).

23 Canadian household survey data estimates that households could hold from 4% to 55% of their combined cash and deposit holdings in CBDC depending on the features of the CBDC (lower estimates would likely apply for more cash-like features, while higher estimates would reflect a CBDC similar to bank deposits). Bank of England considers an illustrative scenario in which about 20% of household and corporate deposits migrate to CBDC owing largely to non-financial factors such as safety and convenience (BIS, 2021b).

the cost of substituting deposits. In general, the issuance of a retail CBDC would not significantly modify the main drivers of bank runs, but some potential negative effects could be mitigated, especially if it is based on an architecture administered by commercial banks (either hybrid or intermediated). Moreover, a retail CBDC that improves payment efficiency would reduce the impact of bank runs (Auer et al, 2021b).

As a result of the above reasons, commercial banks might need to adapt their own practices and adjust their regulatory parameters if the retail CBDC is issued. A clear example in this line is the liquidity coverage ratio (LCR) regulation, where outflow parameters for deposits are calibrated based on observed outflow rates during times of stress. If the issuance of the central bank digital currency or a major dominant private digital currency increases the outflow risk of such deposits, the corresponding outflow rates may need to be reassessed (BIS, 2021b). Furthermore, the central bank's lender of last resort (LOLR) framework could also be reviewed in these scenarios, to expand either the eligible collateral or the type of financial institutions with access to these facilities.

Other financial institutions could also be impacted by the issuance of a retail CBDC, since this form of money could become a substitute for investments in low risk and liquid assets, such as Money Market Funds (MMFs) and Treasury Bills. Depending on design features (e.g., ability to redeem MMF shares directly into CBDC or access to institutional use) and its remuneration, the introduction of the retail CBDC could be an attractive alternative for some risk-averse holders of other cash-like instruments, even under non-stressed conditions. This would impact the demand for assets that MMFs invest in (mainly government bonds, commercial papers, and term deposit certificates), possibly affecting yields and the volume of money market transactions.[24] However, as mentioned in Section 3.2, by imposing CBDC holding limits to end users, this, and other types of situations (i.e., the tradeoff between privacy and security) could be easily controlled.

5.3. *Expected effects on other macroeconomic variables and monetary policy*

Transmission of monetary policy

Retail CBDC might enhance the transmission of monetary policy. On the one hand, and especially under the interest-bearing design, by promoting more competition in the financial sector. On the other hand, this digital form of central bank money might increase the proportion of money directly linked to monetary policy decisions. This is explained by Meaning et al. (2021) who argue that a narrow version of CBDC already exists in the form of central bank reserves (a position also sustained by Niepelt, 2020) and the big change with the issuance of a retail interest-bearing CBDC would be introducing universal access (i.e., including non-financial business and households). It could be used for monetary policy in much the same way that central bank reserves are used now, and the monetary transmission mechanism would be stronger because of widening access to electronic central bank money.

Garratt, Jiaheng and Haoxiang (2022) show that it would be better to design a retail CBDC with a high level of convenience (e.g., speed, privacy, and access to digital markets, among others) than a remunerated retail CBDC. The rationale behind this finding works as follows. A remunerated retail CBDC (that pays an interest rate above the policy rate or the interbank interest rate) will amplify the competition on the rates offered in the deposit market and, therefore, the responses of commercial banks to changes in the policy rate. However, it may also represent a disadvantage for small banks, as they will have to offer higher deposit rates to compensate for the high convenience services usually offered by large banks. In contrast, a

24 This is a relevant financial stability concern, since the potential impact of CBDC on money market transactions, specifically overnight unsecured deposit transactions in which MMFs are key participants, are used to determine interest rate benchmarks.

retail CBDC that offers high levels of convenience in a universal way would level the field of such services for all banks and put some pressures on the deposits market. Through these arguments the authors support the issuance of a non-remunerated retail CBDC that, in essence, would be equivalent to digital cash.

Previous literature has also brought up the fact that a retail CBDC with a negative interest rate might relax the zero lower bound (ZLB) constraint (e.g., Bank of England, 2020; Brunnermeier and Landau, 2022); however, if this form of digital money coexists with cash it is unlikely that there might occur a significant change in the lower bound on policy rates (BIS, 2021a). If the retail CBDC is easily convertible to cash (as it should be while both payment forms coexist), trying to impose a negative interest rate on the former will essentially cause large amounts of its holdings to shift to the latter. On the other hand, Barrdear and Kumhof (2016) assert that even without the need of negative interest rates, a retail CBDC helps face a ZLB event because it opens the possibility of CBDC-funded asset purchases which, unlike standard quantitative easing, may involve a direct exchange with the non-bank sellers of the corresponding assets, without involvement from commercial banks (reducing the compensating effect that arises from banks partially offsetting increases in their balance sheets).

If a negative interest-bearing CBDC is possible and hence the interest rate is no longer constraint by a lower bound, Bordo and Levin (2017) assert that the need to maintain a positive "inflation buffer" is eliminated, since the ZLB is currently a key reason to target positive inflation rates. Consequently, the monetary policy strategy could ensure that the value of the retail CBDC remains constant over time in terms of consumer prices, achieving a price-level targeting scheme which, as demonstrated by the economic literature, corresponds to the optimal monetary policy, and provides substantial benefits to macroeconomic stability.[25]

Gross domestic product and Welfare

Regarding the effects on other macroeconomic variables, the literature is just beginning to develop, and it is exclusively focused on advanced economies (e.g., US, Canada). For instance, Barrdear and Kumhof (2022) find, for the US case, that maintaining a stock of interest-bearing retail CBDC equal to 30% of gross domestic product (GDP) could permanently raise GDP by 3%, due to lower real interest rates (by reason of a substitution of defaultable debt by non-defaultable low-interest retail CBDC), lower distortionary taxes (as a result of the reduction in the cost of government financing), and lower monetary transaction costs (due to increased liquidity as the money created by the central bank, independently of the banking system, is not subject to part of the financial frictions and regulations faced by that system). Davoodalhosseini (2022) studies the cases of the US and Canada and concludes that introducing an interest-bearing retail CBDC is welfare improving provided that the additional cost of carrying retail CBDC (the need of adopting electronic devices and applications) be small. In this case this digital form of central bank money may help the economy achieve the first-best level of production.

Agur et al. (2022) set up a theoretical model that incorporates payment-instrument network effects and a tradeoff between privacy and security. An interest-bearing retail CBDC that closely competes with bank deposits would depress credit and output but, on the other hand, a cash-like (non-interest-bearing) retail CBDC may lead to cash disappearance (due to network effects i.e., low use and low acceptance reinforce each other) and a welfare loss for the reduction in payment-instrument diversity. As explained in previous sections, this diversity is a positive feature for the resilience of the payment system. To avoid cash elimination, or to reduce the speed at which it happens, the central bank could implement a negative retail CBDC interest rate (Agur et al. 2022) although in prac-

25 However, it must be clarified that targeting a constant level of prices is neither the only form of price-level targeting nor the most standard one in the corresponding literature, i.e., price-level targeting does not imply that prices must remain constant over time.

tice such a policy may be ineffective (when both retail CBDC and cash coexist, as previously mentioned) or politically difficult to be accepted.

Inflation

By means of a historical perspective (data from eight advanced economies), Chen and Siklos (2022) propose to understand retail CBDC merely as the latest improvement in a long line of financial innovations. Using long historical time series, the authors analyze the impact of technological changes in payment systems on the velocity of circulation and inflation.[26] They conclude that these innovations have had limited impact on inflation and so will be the case with retail CBDC.

5.4. More efficient transfer of subsidies to specific segments of the population

Although access to digital payment services has grown substantially in recent years, it still presents considerable barriers for some segments of the population. Within these barriers are the cost of transactions and the remote geographic areas where part of the unbanked population resides (see Subsection 2.4). The first barrier is commonly related to the high intermediation margins with which commercial banks operate, given that it can discourage them from offering their services to low-income segments of the population (Garcia et al., 2013). The second barrier is commonly attributed to the lack of adequate connectivity and infrastructure, which is much more pronounced in geographically remote locations (Banerjee, 2015).

As has been previously discussed in this document, the retail CBDC can broaden the access of the unbanked population to formal financial services, primarily through the provision of low-cost transactional services.[27] This feature would be key to promoting government programs designed to provide support to the underprivileged. One of these programs in Colombia is "*Ingreso Solidario*", created by the government in April 2020 to financially support the low-income population during the COVID-19 pandemic. This program used digital wallets to deliver funds transfers to its beneficiaries through electronic deposit and payments specialized societies (i.e., *SEDPEs*).

The retail CBDC has the potential to facilitate the transfer of government subsidies to specific segments of the population and, at the same time, increase the use of formal financial services. These goals could benefit from a robust technological infrastructure that would accompany the digital currency and that should be available throughout the country, even in remote areas (Auer et al., 2022).

5.5. Conclusions to Section 5

As remarked in the introduction of this section, it is still early to have empirical evidence or theoretical consensus about the potential macroeconomic effects of issuing a retail CBDC. Besides, those effects will depend critically on the specific design features that are ultimately chosen. Although the potential benefits (i.e., enhancing monetary policy transmission and increasing efficiency of transfers) are somewhat relevant, we believe that for the discussion about whether or not issuing a retail CBDC, the central bank should pay particular attention to the possible impact on financial disintermediation (and the best policies or design features to mitigate it -e.g., imposing holding and spending limits or considering a non-remunerated retail CBDC), since it appears to be the main and com-

26 Financial innovations in the payment system are empirically proxied by two alternative and widely used measures: either the currency-money ratio (notes plus coins in circulation over a broad money measure) or the ratio of total non-bank financial assets to GDP.

27 The macro effects of introducing a retail CBDC (eNaira) in Nigeria, after its first year of operation, are limited. Although eNaira has had a smooth start with operational resiliency capabilities, the project needs to go beyond the initial users. Therefore, for the second phase of this project, the central bank plans to incorporate clients without bank accounts and without Internet services. One of the expected effects of the second phase of the project is the improvement of social cash transfer programs, by enabling mobile access to faster, more manageable, and less expensive transfers through the retail CBDC (Ree, 2023).

mon factor of negative macroeconomic and financial stability effects.

General Conclusions and Policy Recommendations

The emergence of new technologies in payment services has entered the policy debate, which has led central banks to consider the possibility of issuing their currencies in digital form. Some central banks are leading the research and development of a retail CBDC (the central banks of Canada, China, Sweden, and the ECB), but some of these and many others have also taken a cautious approach by studying the issue and even conducting experiments and pilots but delaying the release of an official position on that subject. To date, no major economy has issued its currency in digital form, however most central banks are engaged in studying this topic to better understand the potential benefits and risks of undertaking this initiative. Banco de la República (Banrep) is not an exception, and it has formed working groups to study the economic, technological, and legal aspects in order to build its own position on this issue.

The first contribution of the present paper is underlining some possible considerations that Banrep might have for an eventual issuance of a retail CBDC. Nonetheless, it seems that none of the motivations considered (i.e., developing the digital economy, improving efficiency and safety in retail payments, forestalling wide adoption of stablecoins, and fostering financial inclusion) are currently convincing cases for the public provision of digital money. This is the case because of the current conditions of the Colombian economy and the fact that for most of these situations there seem to be alternative solutions (e.g., fast payment systems). However, this conclusion does not exclude the possibility that one of these might justify the issuance of the retail CBDC in the future. That could be the case under a sudden popularization of unregulated stablecoins or a retail CBDC issued by another country, which could reduce the transmission of monetary policy, lead to a fragmentation of the payment system, and represent potential risks to financial stability.

The document also contributes by studying the potential macroeconomic effects that the issuance of central bank money in digital form could cause to the Colombian economy. To this end, the paper describes and analyzes some different design features and their possible effects on the economy if the central bank decides to introduce this form of money. Based on this analysis and the previous literature, if Banrep decides to issue a retail CBDC, it seems that the most likely and convenient design would be based on a tiered architecture (either the hybrid or intermediated, as both rely on a public-private collaboration between the central bank and private entities providing payment services), with holding and spending limits to tackle the inherent trade-off between privacy and security, resilient to incidents that could affect users, providers, and the financial architecture that accompanies this digital currency, and without remuneration (to minimize potential disintermediation effects). The retail CBDC will coexist with cash and is expected to fulfil the functions of a payment instrument, thus allowing individuals and businesses to make their routine payments in digital channels and in person in a highly efficient way. Therefore, this new form of central bank money will not entirely fulfil other money properties such as unit of account and store of value functions. The unit of account will continue to be satisfied by the physical representation of the local currency (cash), but it will also be fulfilled by the retail CBDC, both denominated in Colombian pesos. As regards the store of value function and as mentioned before, the retail CBDC would be subject to different holding limits that allow the central bank and PSPs to differentiate potential users by their identification profiles.

Considering the scenario described by the abovementioned design aspects, the expected macroeconomic effects of introducing this form of digital money into the economy would be nil, especially its potential detrimental disruptive effects on both financial inter-

mediation and financial stability. Regarding the former (i.e., financial disintermediation), in any case the policy rate would keep being the relevant cost for bank lending. Regarding the latter (i.e., financial stability), no major changes are foreseeable to the extent that the holding limits imposed by the central bank reduce the likelihood of bank runs and financial stress. It is however recommended to keep an eye on the future developments of the related literature to have an updated and more precise analysis of the potential macroeconomic effects of choosing these or other design features. Furthermore, as remarked by Section 4, the decision of issuing a retail CBDC must consider the fact that it would also need to have enough desirable features to generate a core group of users sufficient to generate the network externalities needed to make it viable.

Even if the central bank decides to delay or not undertake for the time being this initiative, a policy recommendation would point to the need that supervisory authorities develop regulatory standards and frameworks to strengthen the resilience of the domestic financial system, by introducing general standards that accompany all forms of digital money, whether privately (stablecoins) and publicly (the retail CBDC) provided. Specific rules defining data governance will be required for both BigTech and FinTech companies providing stablecoins, and PSPs in charge of distributing and offering payment-related services for retail CBDC users.

References

Acosta, L., Londoño, F. (2022). Reporte de Inclusión Financiera Trimestral a junio de 2022. Banca de las Oportunidades.

Adrian, T., Mancini-Griffolli, T. (2021). "The Rise of Digital Money", Annual Review of Financial Economics, 13.

Agur, I., Ari, A., Dell'Aricia G. (2022). "Designing central bank digital currencies", Journal of Monetary Economics, 125, 62-79.

Allen, F., Demirgürc-Kunt, A., Klapper, L., Martínez, M. (2012). "The Foundations of FI. Understanding Ownership and Use of Formal Accounts", Policy Research Working Paper, The World Bank. Development Research Group, Finance, and Private Sector Development Team.

Allen, S., Čapkun, S., Eyal, I., Fanti, G., Ford, B., Grimmelmann, J., Juels, A., Kostiainen, K., Meiklejohn, S., Miller, A., Prasad, E., Wüst, K., Zhang, F. (2020). "Design choices for central bank digital currencies: policy and technical considerations", NBER Working paper 27634.

Allen, F., Gu, X., and Yagtiani, J. (2022). "FinTech cryptocurrencies and CBDC: Financial Structural Transformation in China", Journal of International Money and Finance, 124.

Andolfatto, D. (2021). "Assessing the Impact of Central Bank Digital Currency on Private Banks", The Economic Journal, Royal Economic Society, 131(634), 525-540.

Araujo, F. (2022). "Initial steps towards a central bank digital currency by the Central Bank of Brazil", BIS paper 123.

Auer, R., Banka, H., Boakye-Adjei, N. Y., Faragallah, A., Frost, J., Natarajan, H., & Prenio, J. (2022). Central bank digital currencies: a new tool in the financial inclusion toolkit. World Bank Group and Bank for International Settlement Financial Stability Institute Insights on Policy Implementation, (41).

Auer, R., Böhme, R. (2021). "Central bank digital currency: the quest for minimally invasive technology", BIS Working Paper 948.

Auer, R., Cornelli, G., Frost, J. (2020). "Rise of central bank digital currencies: drivers, approaches, and technologies", BIS Working Paper 880.

Auer, R., Haene, P., Holden, H. (2021a). "Multi-CBDC arrangements and the future of cross-border payments", BIS Papers 115, March.

Auer, R., Frost J., Gambacorta, L., Monnet, C., Rice, T., Song, H. (2021b). "CBDCs: motives, economic implications and the research frontier". BIS Working Papers, No. 976.

Auer, R., Banka, H., Boakye-Adjei, N., Faragallah, A., Frost, J., Natarajan, H., Prenio, J. (2022). Central bank digital currencies: a new tool in the financial inclusion toolkit, FSI insights on policy implementation No 41.

Balz, B. (2022). The Landscape in 2030: CBDCs or Private Digital Payment Solutions?, Central Banks Payments Conference, June 29.

Banco de la República (2020). "Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República", August.

Banco de la República (2022a). "Reporte de Sistemas de Pago", June.

Banco de la República (2022b). Resultados de la encuesta de percepción sobre el uso de los instrumentos para los pagos habituales en Colombia - 2022. DSIF.

Banerjee, S. (2016). Aadhaar: Digital inclusion and public services in India. World Development Report, 81-92.

Banerjee, S. S. (2015). From cash to digital transfers in India: the story so far. CGAP Brief, Consultative Group to Assist the Poor (CGAP), Washington, DC.

Bank of Canada, ECB, Bank of Japan, Sveriges Riksbank, Swiss National Bank, Bank of England, Board of Governors Federal Reserve System, BIS (2020). "Central bank digital currencies: foundational principles and core features", Report 1.

Bank of England, (2020). "Central Bank Digital Currency. Opportunities, challenges and design," Bank of England Discussion Paper, March.

Bank of England, (2021). "New Forms of Digital Money," Bank of England Discussion Paper, June.

Bank of Japan (2022). Liaison and Coordination Committee on Central Bank Digital Currency, Interim Report.

Barrdear, J., Kumhof, M. (2016). "The macroeconomics of central bank digital currencies", Bank of England Staff Working Paper 605. July.

Barrdear, J., Kumhof, M. (2022). "The macroeconomics of central bank digital currencies", Journal of Economic Dynamics and Control, Elsevier, 142(C).

Bindseil, U. (2020). "Tiered CBDC and the financial system", ECB Working paper 2351.

BIS (2020). "Payment aspects of financial inclusion in the fintech era" Committee on payments and market infrastructures, BIS Papers No. 191, April.

BIS (2021a). "CBDCs: an opportunity for the monetary system," in BIS Annual Economic Report 2021, Chapter 3, Bank for International Settlements, June.

BIS (2021b). "Central Bank Digital Currencies: financial stability implications". Report No. 4, September.

BIS (2022a). "CBDC in emerging market economies", BIS Papers No. 123, April.

BIS (2022b). "The Future Monetary System", BIS Annual Economic Report, June.

BIS (2022c). "The Future Monetary System", speech by Hyun Song Shin, Economic Adviser and Head of Research, Bank for International Settlements. Basel, June 26.

BIS (2022d). "Prudential treatment of cryptoasset exposures", December.

Bjerg, O. (2017). "Designing new money- the policy trilemma of central bank digital currency", CBS Working Paper, June.

Boakye-Adjei, N., Auer, R., Frost, J., Prenio, J., Banka, H., Faragallah, A., Natarajan, H. (2022). "Central bank digital currencies: a new tool in the financial inclusion toolkit?", FSI Insights, April.

Boissay, F., Cornelli, G., Doerr, S., Frost, J. (2022). "Blockchain scalability and the fragmentation of crypto", BIS Bulletin 56.

Bordo, M., Levin, A. (2017). "Central Bank Digital Currency and the Future of Monetary Policy," NBER Working Papers 23711, National Bureau of Economic Research, Inc.

Brunnermeier, M., Niepelt, D. (2019). "On the equivalence of private and public money", Journal of Monetary Economics, 106(C), p. 27-41.

Brunnermeier, M., James, H., and Landau, J. (2021). "The digitalization of money", BIS Working Paper 941, May.

Brunnermeier, M., Landau, J. (2022). "The digital euro: policy implications and perspectives." Study requested by the committee on Economic and Monetary Affairs, European Parliament.

Chen, H., Siklos, P. (2022). "Central bank digital currency: A review and some macro-financial implications", Journal of Financial Stability, 60, pages 1-19.

Chiu, J., Davoodalhosseini, M., Jiang, J., Zhu, Y. (2019). "Bank Market Power and Central Bank Digital Currency: Theory and Quantitative Assessment." Bank of Canada Staff Working Paper, 2019-20, May.

Clavijo, S., and Vera, N. (2022) "Banca Central, Política Monetaria y Mercados Fintech" Bogotá. Tirant Humanidades.

Committee on Payments and Market Infrastructures -CPMI- (2016): Fast payments - enhancing the speed and availability of retail payments, no 154, November.

Cooper, B., Esser, A., Allen, M. (2019). "The use cases of central bank digital currency for financial inclusion: A case for mobile money". Cenfri.

Davoodalhosseini, S. (2022). "Central bank digital currency and monetary policy", Journal of Economic Dynamics and Control, 142(C).

Demirgüc-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D. and Ansar, S. (2018). The Global Findex Database

Didenko, A., Buckley, R. (2021). Central Bank Digital Currencies: A Potential Response to the Financial Inclusion Challenges of the Pacific. UNSW Law Research Paper, (21-63).

DNP (2018). Pacto por la transformación digital de Colombia: Gobierno, empresas, universidades y hogares conectados con la Era del Conocimiento.

Doer, S., Gambacorta, L., Leach, T., Legros, B., Whyte, D. (2022). "Cyber risk in central banking", BIS Working paper 1039, September.

Eichengreen, B. (2022). "Digital Currencies — More than a Passing Fad?", Current History, 121 (831).

FDIC —Federal Deposits Insurance Corporation— (2017). "FDIC National Survey of Unbanked and Underbanked Households".

FSB (2020). "Enhancing cross-border payments: stage 3 roadmap", October.

Garcia, N., Grifoni, A., Lopez, J.C. and Mejía, D., (2013), "Financial Education in Latin America and the Caribbean: Rationale, Overview and Way Forward", OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, No.33, OECD Publishing.

Garratt, R., Jiaheng, Y., Haoxiang, Z. (2022). "The case for convenience: how CBDC design choices impact monetary policy pass-through", BIS Working Paper 1049.

Humphrey, D. (2010). "Retail payments: New contributions, empirical results, and unanswered questions", Journal of Banking and Finance, 34, 1729-1737.

Kahn, Ch. (2022). "Should the US issue a Central Bank Digital Currency? Lessons from abroad. Department of Finance, University of Illinois, May.

Keister, T., Sanches, D. (2021). "Should Central Banks Issue Digital Currency?" Working Papers 21-37, Federal Reserve Bank of Philadelphia.

Kosse, A., Chen, H., Felt, M. H., Jiongo, V. D., Nield, K., Welte, A. (2017). The costs of point-of-sale payments in Canada (No. 2017-4). Bank of Canada Staff Discussion Paper.

Lee, A. (2021). "What is programmable money?", FedNotes, June 23.

Lemus, J. (2023). Reporte sobre la Situación de los Criptoactivos. Banco de la República, segunda edición, August 31.

Mazzotta, B., Chakravorti, B. (2014). The cost of cash in Mexico. The Institute for Business in the Global Context.

Meaning, J., Dyson B., Barker, J., Clayton, E. (2021). "Broadening Narrow Money: Monetary Policy with a Central Bank Digital Currency", International Journal of Central Banking, 17(2), 1-42, June.

Ministerio de Agricultura de Colombia (2020). Estado de la inclusión financiera de las mujeres rurales en Colombia. https://colombia.unwomen.org/es/biblioteca/publicaciones/2020/12/estado-inclusion-financiera-mujeres-rurales-colombia

MINTIC – Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (2022). Boletín trimestral de las TIC: cifras a segundo trimestre de 2022, October.

Náñez A., Echarte, S., Fernández, M., Sanz D., Kaczmarek, J. (2020). Reasons fostering or discouraging the implementation of central bank-backed digital currency: A review. Economies, 8(2), 41.

Niepelt, D. (2020). "Reserves for All? Central Bank Digital Currency, Deposits, and Their (Non)-Equivalence", International Journal of Central Banking, 16(3), 211-238, June.

OECD (2014). "PISA 2012 Results: Students and Money: Financial Literacy Skills for the 21st Century". (Volume VI), PISA, OECD Publishing. Chapter 1: The assessment of financial literacy in PISA 2012, 25-52.

Orr, A. (2022). "The Future of Money demands innovation", Speech Angel Association New Zealand Summit, February

Ozili, P. (2020). Optimal financial inclusion. In Emerging Market Finance: New Challenges and Opportunities. Emerald Publishing Limited.

Parra, J., Arango, C., Bernal, J., Gómez, J.E, Gómez, J., León, C., Machado, C., Osorio, D., Rojas, D., Suárez, N., Yanquen, E. (2019). "Criptoactivos: análisis y revisión de literatura", Revista ESPE, Banco de la República de Colombia, 92, 1-37, November.

PWG (2021). "Report on Stablecoins," President's Working Group on Financial Markets, the Federal Deposit Insurance Company, and the Office of the Comptroller of the Currency, November.

Ree, J. (2023). "Nigeria's eNaira, One Year After", IMF Working Paper WP/23/104, May.

Riksbank (2021). E-krona pilot Phase 1.

Rueda, L., García-Bohórquez, N., Esguerra-Umaña, M., Cano-Sánz, C., Velasco-Martínez, A. (2015). Inclusión financiera en Colombia. Capítulo 6. Inclusión financiera en Colombia, 143-211.

Shapiro, C., Varian, H. (1999). "Information rules: a strategic guide to Network Economy", Cambridge, Mass.

Usher, A., Reshidi, E., Rivadeneyra, F., Hendry, S. (2021). "The positive case for a CBDC", Bank of Canada, Staff Discussion Paper 2021-11.

Vargas, H. (2022). "Some thoughts about the issuance of a retail CBDC in Colombia", BIS Papers chapters, in: Bank for International Settlements (ed.), CBDCs in emerging market economies, 123, 49-64.

Waller, Ch. (2021). "CBDC – A solution in search of a problem?", Speech at the American Enterprise Institute, Washington D.C., August 5.

World Bank (2022). Financial inclusion is a key enabler to reducing poverty and boosting prosperity. https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/overview

Una
Prospectiva Económica
de manos expertas

Suscripción año 2024



Incluye:

- Cuatro ediciones al año
- Servicio de Acompañamiento Macroeconómico
- Envío mensual de la Encuesta de Opinión Financiera
- Envío mensual de los Boletines de Encuesta de Opinión al Consumidor y Encuesta de Opinión Empresarial
- Envío virtual de la publicación mensual Tendencia Económica
- Envío de Informes Trimestrales
- Pauta publicitaria
- Invitación a Debates de Coyuntura Económica y Social Fedesarrollo

Oficina Comercial

Teléfono (601) 325 97 77 Ext.: 340
E-mail: mruiz@fedesarrollo.org.co | www.fedesarrollo.org.co
Calle 78 No. 9-91 | Bogotá, Colombia

FEDESARROLLO
Centro de Investigación Económica y Social