

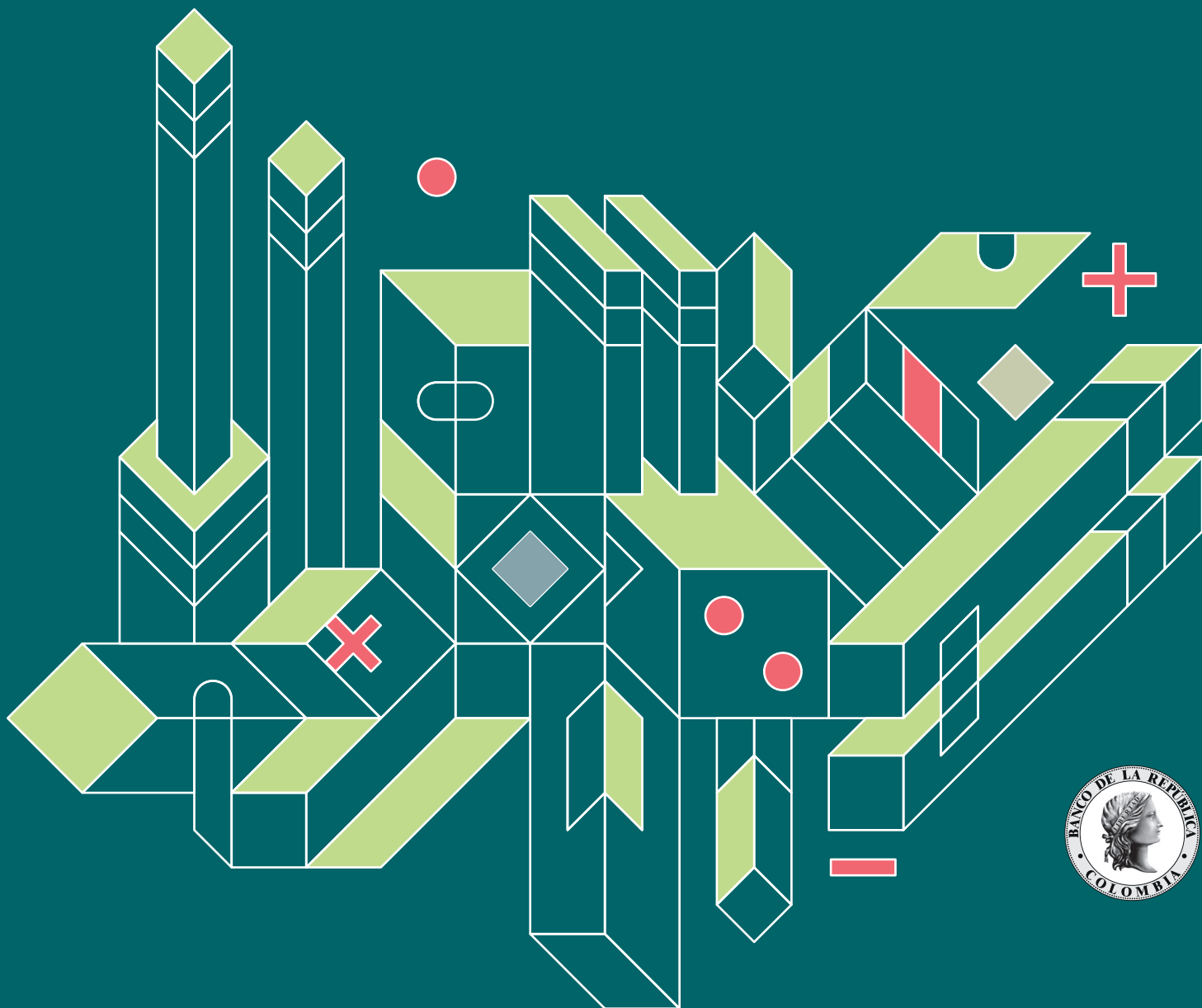
espe

Ensayos sobre
Política Económica

02/2020

Efectivo y pagos electrónicos

núm. 93

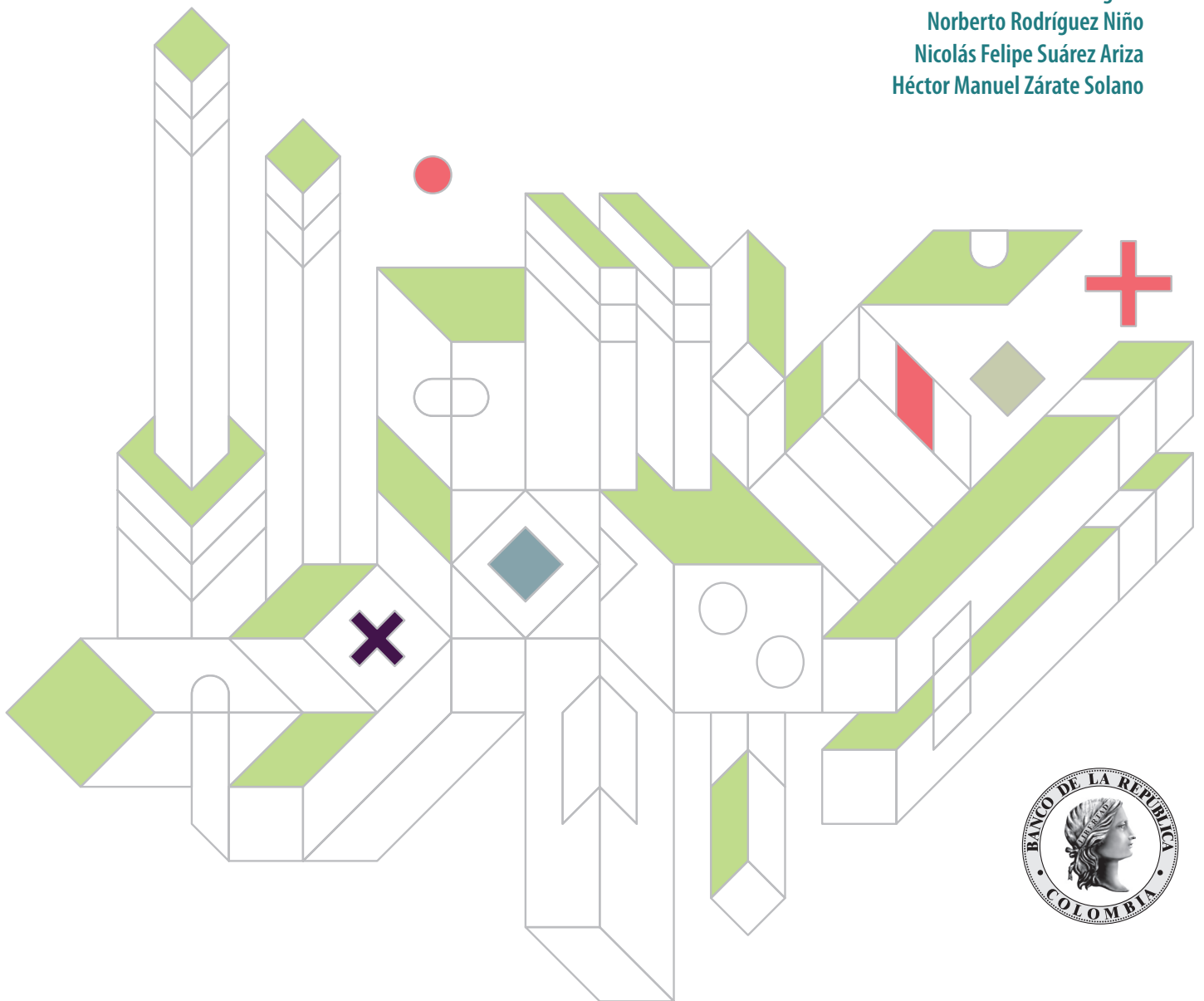


espe

Ensayos sobre
Política Económica

Efectivo y pagos electrónicos

Carlos Alberto Arango Arango (coordinador)
Fernando Arias Rodríguez
Norberto Rodríguez Niño
Nicolás Felipe Suárez Ariza
Héctor Manuel Zárate Solano



Efectivo y pagos electrónicos

Autores

Carlos Alberto Arango Arango (coordinador)

Fernando Arias Rodríguez

Norberto Rodríguez Niño

Nicolás Felipe Suárez Ariza

Héctor Manuel Zárate Solano

© 2020, Banco de la República

ISSN 2665-1327 (en línea)

Clasificación JEL: E41, E42, E58, G20, O33

Palabras clave: efectivo, pagos electrónicos, sistemas de pago, demanda de dinero, redes de tarjetas, mercados de dos lados.

Las opiniones, errores u omisiones de los autores son su responsabilidad, por lo que no reflejan la opinión de las entidades en las que laboran, la del Banco de la República, ni la de su Junta Directiva.

Arango, C. (coordinador); Arias, F.; Rodríguez, N. ; Suárez, N; Zárate, H (2019). "Efectivo y pagos electrónicos", Ensayos sobre Política Económica (ESPE), núm. 93, febrero, DOI: 10.32468/espe.93

ESPE está disponible en: <http://investiga.banrep.gov.co/es/espe>

Los derechos de reproducción de este documento son propiedad de la revista Ensayos sobre Política Económica (ESPE). El documento puede ser reproducido libremente para uso académico, siempre y cuando no se obtenga lucro por este concepto y, además, cada copia incluya la referencia bibliográfica de ESPE. El (los) autor(es) del documento puede(n), también, poner en su propio sitio electrónico una versión electrónica del mismo, pero incluyendo la referencia bibliográfica de ESPE. La reproducción de esta revista para cualquier otro fin, o su colocación en cualquier otro sitio electrónico, requerirá autorización previa de su comité editorial.

Comité editorial

Hernando Vargas Herrera (Banco de la República)

Mauricio Villamizar Villegas (Banco de la República)

Carmiña Vargas Riaño (Banco de la República)

Diseño

María Fernanda Latorre

Diagramación

Lucía Sandoval Andrade

Corrección de estilo

Nelson Rodríguez

Preparación editorial

Andrea Clavijo

Sección Gestión de Publicaciones

Departamento de Servicios Administrativos

Banco de la República

CONTENIDO

	Introducción	5
1.	¿Cuáles son los determinantes de la demanda de efectivo y los pagos electrónicos en el ámbito internacional?	14
2.	La demanda de efectivo en Colombia	20
3.	Determinantes de la adopción, uso y aceptación de tarjetas de pago en Colombia y efectos de red	28
4.	Consideraciones finales	34
Recuadros		37
	Estimaciones regionales de demanda por cuasidineros Mercados de dos lados y aplicado a las redes de tarjetas	
	Referencias	41
	Anexos	48

Efectivo y pagos electrónicos*

Introducción

La importancia de los pagos de bajo valor relativo¹ en la economía es indiscutible. Por lo menos las dos terceras partes del producto interno bruto (PIB) de una economía son pagos relacionados con el consumo de los hogares. Más aún, en Colombia la totalidad de los pagos de bajo valor que se hacen entre empresas, gobiernos y hogares pueden sumar en el año más de 4,2 veces el PIB (BTC, 2015)². De allí que el tener sistemas de pago de bajo valor (SPBV) seguros y de bajo costo de acceso y uso sin duda favorece el crecimiento económico y la equidad al incidir en la eficiencia transaccional, la inclusión financiera y la formalización de la economía (Banco Mundial, 2013; Demirguc-Kunt, *et al.*, 2017; CPMI-BIS-WB, 2015; Donovan, 2012). En efecto, los costos transaccionales pueden llegar a representar hasta el 3,0% del PIB de una economía (Humphrey *et al.*, 2000), y llegan a reducirse a niveles inferiores al 0,5% del PIB en países con un mayor desarrollo de pagos electrónicos (Schmiedel *et al.*, 2013)³.

En este contexto, la política de pagos cobra gran pertinencia al buscar niveles óptimos de eficiencia y seguridad del ecosistema de pagos (Chapman *et al.*, 2015; Milne, 2007). Una de las disyuntivas de política radica en cuál debe ser el papel del efectivo (que definimos en este artículo como los billetes y monedas en circulación) en la combinación óptima de posibles instrumentos de pago disponibles para los agentes económicos, como los cheques, las tarjetas de pago y los pagos en línea y con dispositivos móviles, entre otros⁴. La respuesta a esa disyuntiva se encuentra, por una parte, en la eficiencia (en términos de costos, velocidad y disponibilidad de fondos, entre otros) y seguridad relativa que ofrecen los distintos instrumentos de pago y, por otra parte, en las preferencias y restricciones económicas de los individuos.

- 1 Cuando hablamos de *pagos de bajo valor* en este artículo nos referimos a aquellos en los que al menos uno de los extremos del pago son individuos o empresas, ya sea como receptores u originadores del pago. Por ende, excluimos del análisis los sistemas considerados de alto valor, los cuales sirven principalmente a las necesidades transaccionales entre las entidades del sistema financiero.
- 2 Esto es así porque los pagos cubren cadenas transaccionales que pueden involucrar, por ejemplo, el traspaso de propiedad de un mismo bien entre varios agentes en la economía, operaciones de compraventa de bienes intermedios o de bienes usados, entre otras operaciones no contabilizadas en el PIB.
- 3 El trabajo de Humphrey *et al.* (2000) para los Estados Unidos se basa en estimativos de costos de los sistemas de pago vigentes durante los años noventa. Parte de los altos costos estimados se debe a que el efectivo y los cheques representaban más del 87,5% de los pagos de bajo valor en volumen de pagos. Las estimaciones de Schmiedel *et al.*, (2013) son más recientes, y en ellas destacamos el hecho de que los países europeos con costos transaccionales más bajos como porcentaje del PIB son aquellos donde los pagos electrónicos representan más del 60% de los pagos de bajo valor, como Finlandia, Suecia y Dinamarca.

* Los autores agradecen la colaboración de Enrique Montes, Javier Lazo, Ignacio Lozano, Leonardo Morales y Mario Ramos en el suministro de varias de las variables estadísticas utilizadas en las estimaciones presentadas en este artículo. Igualmente, la valiosa asistencia de investigación de William Cuéllar, Santiago Palacio, Kevin Saavedra y Andrés Salazar.

- 4 Es preciso distinguir entre un medio de pago y un instrumento de pago. El primero corresponde al activo que se utiliza para extinguir las obligaciones derivadas de una transacción. El instrumento de pago es el mecanismo por el cual los agentes tienen acceso a un medio de pago y mediante el cual ordenan la transferencia de fondos a terceros para finalizar sus transacciones. El efectivo tiene la característica de ser tanto medio de pago como instrumento de pago. A otros medios de pago, como los emitidos por los bancos a través de cuentas de depósito o líneas de crédito, se accede con instrumentos de pago tales como tarjetas débito y crédito o canales de acceso en línea (como portales bancarios en internet o aplicaciones móviles).

El Gráfico 1 muestra cómo tanto el valor de los pagos electrónicos per cápita como la razón pagos electrónicos a PIB aumenta a medida que se incrementa el ingreso per cápita^{5, 6}. Esto es consistente con la hipótesis de que a medida que crece el ingreso aumentan las transacciones de mayor valor relativo, lo cual fomenta el uso de sistemas de pago electrónicos por seguridad, trazabilidad, costos y conveniencia (Arango-Arango *et al.*, 2015b; Witesell, 1989). Ello se reafirma con factores de oferta, como reducciones en los costos, facilidad de acceso al crédito mediante sistemas de pago electrónicos como las tarjetas de crédito y avances tecnológicos. Pero, también, por una migración de los pagos en efectivo a los pagos electrónicos a medida que se incrementa el acceso y se introducen innovaciones en los SPBV electrónicos⁷.

En efecto, aun cuando es difícil calcular el uso del efectivo en los pagos por su poca trazabilidad, las estadísticas disponibles muestran que en varias de las economías avanzadas, el efectivo representa menos del 50% de las transacciones de bajo valor de la economía (Bagnall *et al.*, 2016) —tanto en valor como en volumen de operaciones—⁸. Estos niveles han sido resultado de la paulatina reducción del uso del efectivo en los pagos de las economías. En Canadá, por ejemplo, en el período 1992-2016 los pagos en efectivo pasaron de ser alrededor de un 52% a un 12%, en términos de valor, y de 86% a 32% en términos del volumen de transacciones de bajo valor (Engert y Fung, 2017). Las mismas tendencias se observan en algunas de las economías de la Unión Europea (Lalouette y Esselink, 2018), y en países como Australia, Reino Unido y Suecia (ATC, 2018; Doyle *et al.*, 2017; Riksbank, 2018).

A diferencia del uso del efectivo, la relación entre las tenencias de efectivo y los desarrollos en pagos electrónicos no es directa, como se podría inferir si se asumen como sustitutos. Aun cuando el uso de sistemas de pago electrónicos ha venido aumentando a tasas aceleradas tanto en economías desarrolladas como en vías de desarrollo, la demanda de efectivo también continúa en ascenso⁹.

5 La mayor parte de las estadísticas sobre pagos electrónicos que usamos en este artículo se refieren a los pagos hechos con tarjetas débito y crédito, y a las transferencias bancarias. Por *transferencias bancarias* entendemos los pagos hechos entre individuos, empresas y gobierno por medio de sistemas de transferencia directa de fondos entre cuentas de depósito, sea entre cuentas de una misma entidad (intrabancarias) o entre cuentas de diferentes entidades de depósito (interbancarias). Estas últimas se facilitan usualmente a través de cámaras de compensación y liquidación o *automated clearing houses* (ACH).

6 Convertimos los valores en moneda local de las distintas variables usadas en este artículo para cada país a dólares internacionales o dólares constantes para hacerlos comparables. Para esto usamos las tasas de paridad de poder adquisitivo (PPP, por sus siglas en inglés), base 2011, extraídas de las páginas del Banco Mundial (véase Banco Mundial, 2015, para una discusión detallada de esta metodología).

7 Los SPBV electrónicos son los destinados a cubrir transferencias electrónicas de fondos de bajo valor relativo, como se definieron anteriormente. Estos son sistemas de pago que permiten la transferencia de fondos entre cuentas de depósito. Estos sistemas pueden ser abiertos o cerrados. En los primeros el agente receptor del pago tiene su cuenta con una entidad de depósito distinta a la entidad de depósito del originador del pago. En los sistemas cerrados tanto el originador como el receptor del pago tienen sus cuentas de fondos en la misma entidad de depósito.

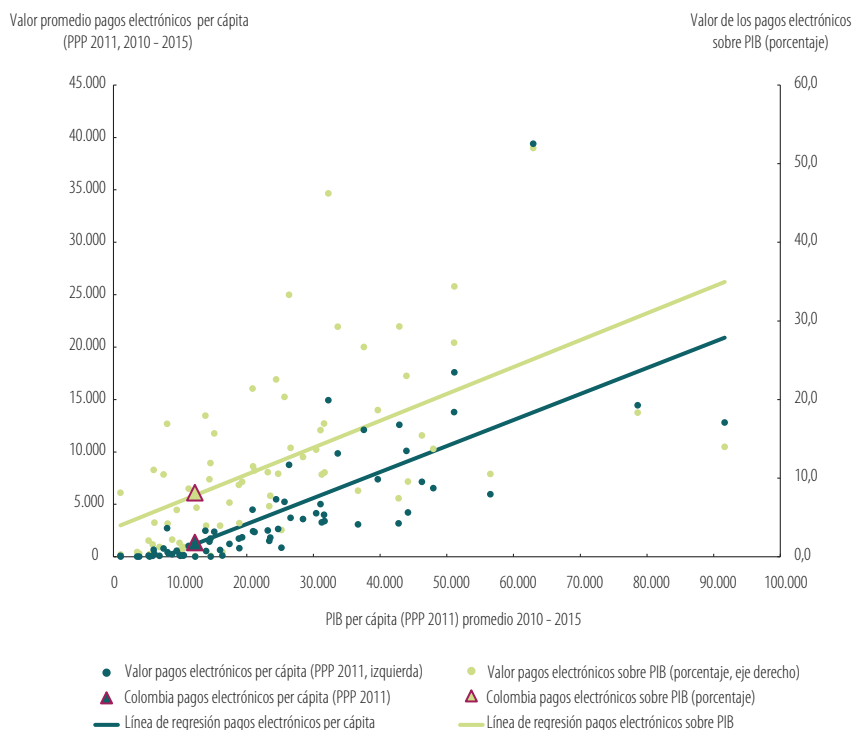
8 Diferenciar entre volúmenes y valores en los pagos es relevante debido a que algunos instrumentos pueden ser usados con alta frecuencia, pero en transacciones de menor cuantía, como es usual con el efectivo, mientras que los instrumentos electrónicos tienden a ser usados en pagos de menor frecuencia y mayor cuantía.

9 Es importante diferenciar entre uso de efectivo y tenencias de efectivo. Estas últimas hacen referencia al valor o al saldo de los billetes y monedas que circulan en la economía en un momento dado, mientras que el uso hace referencia al valor y volumen de los pagos que se hacen con efectivo. En este artículo hacemos alusión a la *demandas de efectivo* cuando nos referimos a las tenencias de efectivo por parte de los agentes de la economía.

Gráfico 1

Valor de los pagos electrónicos con tarjetas débito y crédito per cápita por nivel de ingreso per cápita, promedio de 2010-2015^{a/}

La demanda por pagos electrónicos aumenta con el grado de desarrollo de las economías, medido por el ingreso per cápita. Según estos indicadores, Colombia está alrededor del promedio de las economías en similares estadios de desarrollo.



a/ La relación positiva entre valores de pagos electrónicos e ingreso per cápita se da también cuando se incluyen las transferencias bancarias hechas por medio de sistemas de pago como las ACH. No obstante, encontramos que puede haber disparidades en la forma como los países reportan el valor de estos pagos en la *Global Payment Systems Survey* del Banco Mundial, por lo cual preferimos ceñirnos al mundo de las tarjetas de pago.

Nota: los valores de los pagos electrónicos con tarjetas débito y crédito per cápita son calculados en dólares internacionales según los factores de paridad de poder adquisitivo (PPP) base 2011, extraídos de las bases de datos del Banco Mundial para cada año en el período 2011-2015 y luego se promedian (véase nota al pie de la página número 7). Las líneas punteadas representan la relación promedio estimada entre los pagos electrónicos y el ingreso per cápita. Se excluyen datos extremos con altos ingresos per cápita y muy bajos niveles de adopción de pagos electrónicos, como los Emiratos Árabes y Arabia Saudita. Fuentes: BIS y Banco Mundial (*Global Payment Systems Survey*) y cálculos de los autores.

Entre 2011 y 2015 se registraron importantes crecimientos anuales de la demanda de efectivo per cápita en economías desarrolladas¹⁰ como la zona del euro (4,6%), los Estados Unidos (5,17%) y Canadá (2,9%), a pesar de tener altos niveles de adopción y tasas positivas de crecimiento de los pagos electrónicos per cápita (3,6%, 6,7% y 4,6%

10 Usamos el criterio del Fondo Monetario Internacional (FMI) para clasificar los países desarrollados y en desarrollo consignado en el WEO' *Statistical Appendix* (FMI, 2019). La clasificación depende del PIB en dólares internacionales (con base en factores de conversión a PPP), el tamaño de la población y la exportación de bienes y servicios. Según esta clasificación los países desarrollados (economías avanzadas) son: los Estados Unidos, Japón, Austria, Grecia, Países Bajos, Bélgica, Irlanda, Portugal, Italia, Eslovaquia, Estonia, Latvia, Finlandia, Lituania, España, Francia, Luxemburgo, Alemania, Reino Unido, Australia, Corea del sur, Singapur, República Checa, Macao, Suecia, Dinamarca, Nueva Zelanda, Suiza, Hong Kong, Noruega, Taiwán, Puerto Rico, Israel y San Marino.

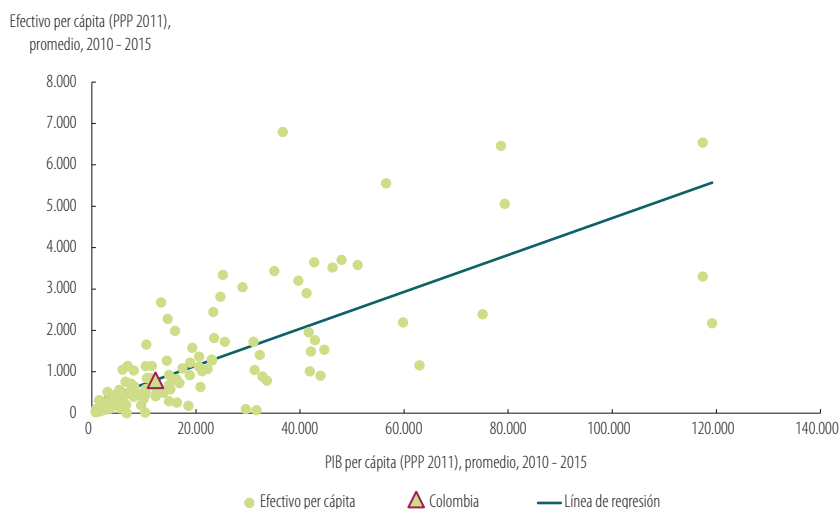
respectivamente). Algo similar se ve en países en desarrollo, con crecimientos en las tenencias de efectivo per cápita más altos que en los países desarrollados, como por ejemplo Bulgaria (7,5%), México (7,1%), Polonia (8,2%), Rumania (9,2%) y Suráfrica (4,8%) y, a la vez, con ritmos altos de adopción en los pagos electrónicos per cápita (40,0%, 23,1%, 11,9%, 15,8%, 11,3% y 10,9% respectivamente). Casos excepcionales son los de países como Suecia y Noruega, donde la demanda de efectivo viene descendiendo a un ritmo del 9,7% y 3,4%, respectivamente, siendo estos los países de mayor profundidad en pagos electrónicos en el mundo (428 y 486 pagos electrónicos per cápita anuales, respectivamente, en 2015).

Una posible explicación a este comportamiento de la demanda de efectivo yace en la relación positiva exhibida entre el efectivo en circulación per cápita y el ingreso per cápita (Gráfico 2). Ya sea con el fin de ahorrar en un activo líquido (Santomero, 1974) o para satisfacer los mayores niveles de consumo per cápita que devienen de aumentos en el ingreso (Diacon y Maha, 2015), a medida que el ingreso de los agentes crece, asimismo lo hacen sus tenencias de efectivo.

Otro factor que determina la demanda de efectivo son los costos de oportunidad. En particular, reducciones en las tasas de interés hacen que sea menos costoso tener efectivo, lo cual puede aumentar su demanda tanto como instrumento de pago como depósito de valor (Baumol, 1952; Tobin, 1956). Asimismo, la literatura ha hecho énfasis en la demanda creciente de efectivo, especialmente de monedas internacionales de reserva, como activos de refugio frente a riesgos tales como los derivados de crisis financieras (Stix, 2013). Por último, la literatura asocia el crecimiento en la economía

Gráfico 2
Demanda de efectivo per cápita por nivel de ingreso per cápita, promedio 2010-2015

La demanda de efectivo per cápita aumenta con el grado de desarrollo de las economías. Colombia está alrededor del promedio de las economías de desarrollo similar.



Nota: los valores del efectivo per cápita son calculados en dólares internacionales según los factores de poder adquisitivo de paridad (PPP) base 2011, extraídos de las bases de datos del Banco Mundial para cada año en el período 2011-2015 y luego se promedian para cada país. Para los cálculos se toma el efectivo en circulación fuera de bancos —El efectivo en circulación se compone del efectivo en poder del público y el efectivo en poder de las entidades financieras. En este artículo tomamos el efectivo en poder del público como medida de la demanda de efectivo—. Las líneas punteadas representan la relación promedio estimada entre las tenencias de efectivo y el ingreso per cápita. Fuentes: FMI y BIS; cálculos de los autores.

subterránea¹¹ con la demanda de efectivo debido a que esta hace uso intensivo del efectivo como medio de pago y como activo líquido, por su baja trazabilidad (Rogoff, 2017; McAndrews, 2017).

La creciente demanda de efectivo en términos reales presenta importantes retos para la política pública. En primer lugar, se debe entender en qué medida la mayor demanda de efectivo resulta de una mayor necesidad transaccional de los agentes y en qué medida esta se debe a su demanda como depósito de valor (Pickhardt y Sardà, 2011). Esta pregunta es relevante en las operaciones de los bancos centrales con respecto al relativo uso de las distintas denominaciones de billetes y monedas que emiten y su impacto en la producción, distribución y reposición de efectivo (Bouhdaoui y Van Hove, 2017). En segundo lugar, la reducción en el uso del efectivo como instrumento de pago, en favor de instrumentos de pago electrónicos, confronta a los países con nuevos retos en cuanto a los objetivos de política pública de velar por la eficiencia y seguridad del ecosistema de pagos (Banco Mundial, 2018), mediante el adecuado aprovisionamiento de instrumentos de pago alternativos al efectivo para los agentes de la economía.

Colombia en el contexto mundial

Colombia no escapa a las tendencias mundiales en términos de acceso a distintos instrumentos de pago. Además del efectivo y el cheque, en Colombia hay una variedad de instrumentos y sistemas basados en transferencias electrónicas de fondos. Entre los más importantes se destacan las cámaras de compensación automatizada de pagos electrónicos ACH Cenit (administrada por el Banco de la República) y ACH Colombia (propiedad de las instituciones financieras privadas), las cuales facilitan las transferencias entre cuentas de depósito de empresas, individuos y gobierno. A estas se suman las redes de cajeros automáticos y de tarjetas de crédito y débito —Redeban, Servibanca, ATH, Credibanca y la Central Cooperativa y Solidaria de Servicios Múltiples (Visionamos)—. Gracias a esto, según BTC (2015), el 69% de los pagos en Colombia, en términos de valor, se hacen de manera digital, liderados por los pagos del Estado y, en menor grado, por los pagos de las empresas¹². De igual forma, recientemente la banca tradicional ha introducido pagos móviles mediante billeteras electrónicas y otras aplicaciones móviles.

El impulso de los sistemas de pago electrónicos ha llevado a que el volumen de pagos con tarjetas y transferencias bancarias¹³ a través de las ACH presente tasas de crecimientos anuales del 11,6% y 11,4% respectivamente, entre 2009 y 2018 (Banco de la República, 2019). No obstante, Colombia presenta un relativo rezago en varios indicadores de penetración de los pagos electrónicos. Según BTC (2015), tan solo el 9,7% de los pagos de bajo valor, en términos de volumen de transacciones se hacen de manera digital. Arango-Arango *et al.*, (2017) encuentran, además, que el efectivo en Colombia domina aun en operaciones del público superiores a los USD 500, frente a países desarrollados donde los pagos electrónicos superan el 50,0% de los pagos en operaciones desde los USD 20 (Arango-Arango *et al.*, 2018)

- 11 Definimos la *economía subterránea* como las actividades económicas que eluden la ley. Estas incluyen actividades informales que evitan la regulación laboral y fiscal, así como actividades criminales al margen de la ley.
- 12 El estudio de BTC (2015) calcula este porcentaje sobre todas las transacciones efectuadas entre las empresas, los individuos y el gobierno, excluyendo los pagos hechos entre entidades financieras por medio del sistema de pagos de alto valor CUD, operado por el Banco de la República.
- 13 Definimos las transferencias bancarias como los pagos hechos entre individuos, empresas y gobierno a través de sistemas de transferencia directa de fondos entre cuentas de depósito, sea entre cuentas de una misma entidad (intrabancarias) o entre cuentas de diferentes entidades de depósito (interbancarias). Estas últimas se facilitan usualmente por medio de cámaras de compensación y liquidación de pagos o ACH.

Más aún, como se observa en el Gráfico 3, Colombia se encuentra por debajo de las líneas de tendencia en términos de número de pagos electrónicos per cápita (panel A), número de tarjetas por habitante (panel B) y número de *Eftos*¹⁴, o datáfonos, por cada 100.000 habitantes (panel C).

Por su parte, la demanda de efectivo per cápita ha venido aumentando a tasas anuales del 5,8% en el pasado reciente (2011-2018). Asimismo, se destacan los altos niveles de uso del efectivo en los pagos de la economía. El efectivo es el instrumento dominante en los pagos de bajo valor de las personas, los cuales representan el grueso de los pagos de la economía. En efecto, según encuesta aplicada por el Banco de la República en 2017, el 92,4% de los consultados prefiriere el efectivo a otros instrumentos de pago, en términos de frecuencia de uso¹⁵. No obstante, debe anotarse que Colombia está por debajo de la media de la relación efectivo a PIB entre los países en desarrollo (Gráfico 4), lo cual reafirma las complejidades de la relación entre el uso del efectivo como instrumento de pago y las tenencias de efectivo en la economía.

Con todo, el objetivo de este artículo es contribuir a entender la evolución en la demanda del efectivo y de los instrumentos de pago electrónicos en Colombia a la luz de la experiencia internacional y de las características de la economía colombiana.

En concreto, se busca responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los determinantes de la demanda de efectivo y de los sistemas de pago electrónicos en el mundo? En particular, en la primera sección del artículo investigamos hasta qué punto las innovaciones en los pagos electrónicos han incidido en la demanda de efectivo y cuáles son los factores que determinan la velocidad y profundidad en la adopción de los sistemas de pago electrónicos. La demanda de efectivo en circulación la dividimos en la demanda de altas denominaciones de billetes, y la demanda por bajas denominaciones de billetes y monedas. Esto, debido a que los instrumentos de pagos electrónicos tienden a ser usados con mayor intensidad en los pagos de alto valor relativo y, por ende, esperamos que tengan efectos diferenciales dependiendo del valor de las denominaciones en circulación.
- ¿Cuáles son los determinantes de la demanda de efectivo y de los medios de pago sustitutos, como los depósitos en cuentas corrientes y de ahorro (cuasidineros), en el caso colombiano? Esta pregunta la abordamos en la segunda sección mediante modelos de series de tiempo de la demanda de efectivo y los cuasidineros para el período 1976-2017. En particular, aprovechamos la mayor disponibilidad de información para Colombia e indagamos sobre la relación entre la economía subterránea y la demanda de efectivo y otros medios de pago.
- ¿Cuáles son los determinantes de la adopción, uso y aceptación de tarjetas de pago en Colombia? Esta pregunta la abordamos en la tercera sección en donde estudiamos uno de los segmentos transaccionales más relevantes de los pagos de bajo valor en términos de volumen (85,8% del total de transacciones según, BTC, 2015): los pagos hechos por las personas a los comercios. En concreto, en esta sección estudiamos las decisiones de los usuarios finales de las redes de tarjetas (el lado de la demanda). Nuestros modelos empíricos permiten identificar los

14 *Eftpos: electronic funds transfer at point of sale.*

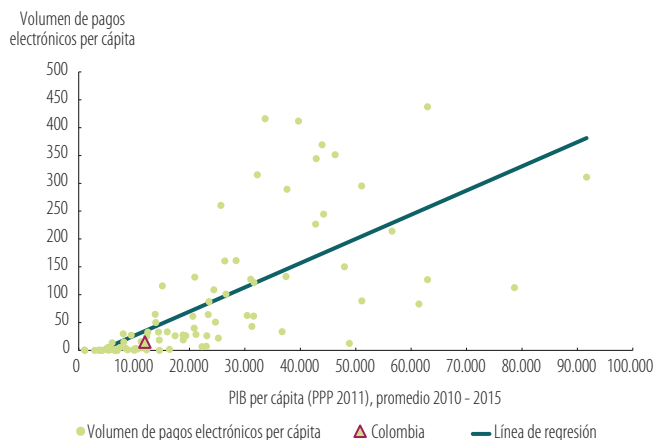
15 En términos de valor de sus pagos, el 89,6% de los encuestados prefiere el efectivo (Banco de la República, 2017). BTC (2015), por su parte, estima que tan solo el 3,8% (13%) de los pagos en volumen (valor) de los individuos son hechos de manera electrónica.

Gráfico 3

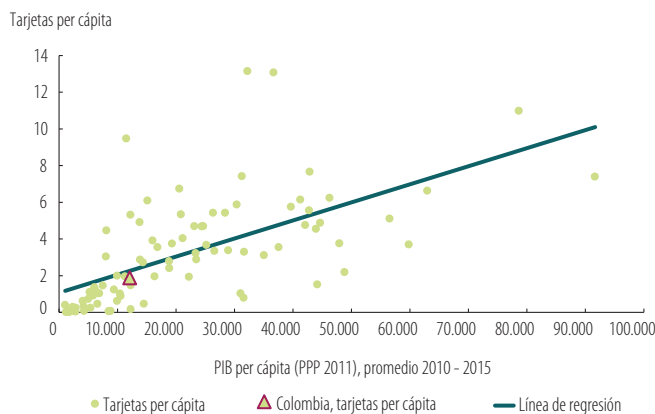
Niveles de acceso, uso y aceptación de instrumentos de pago electrónicos por nivel de ingreso per cápita

Colombia tiene niveles de acceso, uso y aceptación de instrumentos de pago electrónicos menores a los que se esperaría dado su nivel de ingreso per cápita.

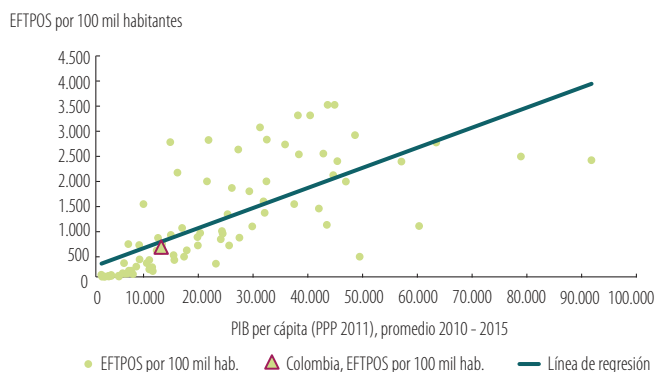
A. Volumen de pagos con tarjetas débito y crédito y transferencias bancarias por habitante e ingreso per cápita, promedio 2010-2015.



B. Número de tarjetas débito y crédito por habitante e ingreso per cápita, promedio 2010-2015



C. Número de Eftpos (datáfonos) por 100.000 habitantes e ingreso per cápita, promedio 2010-2015



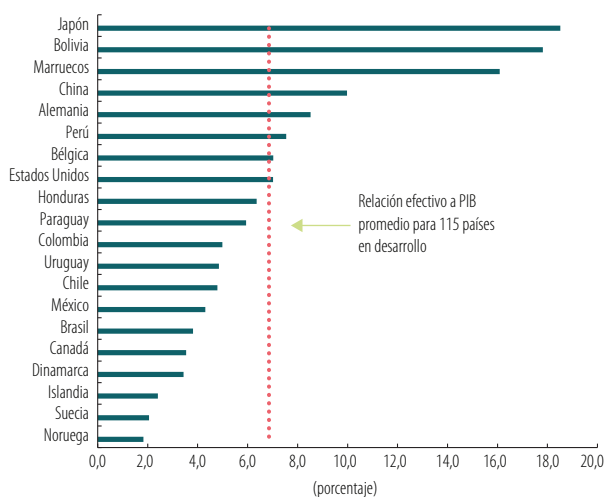
Nota: el volumen de pagos electrónicos per cápita resulta de dividir el total de transacciones anuales con tarjetas débito y crédito, así como el número de transferencias bancarias por la población de cada país para cada año.

Fuente: Banco Mundial (*Global Payment Systems Survey*); cálculos de los autores.

factores que se asocian con el limitado acceso y uso de las tarjetas débito y crédito por parte del público y la limitada aceptación de estos instrumentos de pago por parte de los comercios. El artículo solo aborda de manera limitada la discusión sobre el lado de la oferta y la estructura de mercado en la provisión de servicios de pago electrónicos en Colombia, lo cual es de especial relevancia para estudios posteriores.

Gráfico 4 Relación efectivo a PIB para un grupo de países en desarrollo y desarrollados

Para el período 2010-2015 Colombia (4,9%) se encuentra por debajo de la relación efectivo a PIB promedio para 115 países en desarrollo y en niveles similares a sus pares latinoamericanos como México (4,3%) y Chile (4,8%), pero por encima de Brasil (3,8%).



Nota: para los cálculos y comparabilidad entre países se toma el efectivo en circulación en poder del público — el efectivo en circulación se compone del efectivo en poder del público y el efectivo en poder de las entidades financieras. En este documento tomamos el efectivo en poder del público como medida de la demanda de efectivo—. Fuentes: FMI y BIS; cálculos de los autores.

A partir de este análisis, en la cuarta sección discutimos algunas implicaciones de nuestros hallazgos frente a la política pública sobre el ecosistema colombiano de pagos de bajo valor.

Entre los resultados más importantes encontramos que la demanda de efectivo responde a los factores tradicionales de actividad económica y costos de oportunidad. Sin embargo, la evidencia internacional muestra que el desarrollo de los pagos electrónicos incide de manera negativa en las tenencias de efectivo. La relación es no lineal, siendo más pronunciado su efecto en las etapas iniciales e intermedias de adopción de los pagos electrónicos. Más allá de estos factores transaccionales, encontramos una tendencia creciente en la demanda de efectivo para la economía promedio en nuestra muestra de países, la cual está asociada con la demanda de efectivo como depósito de valor, en especial de altas denominaciones.

Asimismo, encontramos evidencia significativa de que la adopción de pagos electrónicos sigue un proceso no lineal en forma de S y que la velocidad y adopción de dicho proceso está explicada tanto por factores de beneficio-costos como por

factores idiosincrásicos e institucionales de las economías. En efecto, las curvas de adopción están fuertemente determinadas por los niveles de ingresos per cápita, los cuales indican el mayor retorno esperado para los usuarios finales de adoptar pagos electrónicos y, también, el grado de desarrollo de la oferta. A esto se unen los factores institucionales de cada país, en especial los regímenes fiscales y financieros.

Una limitación de nuestro análisis es que ejercicios desagregados, por ejemplo, según países emergentes y desarrollados, no son posibles ya que la evolución de los dos grupos de países es necesaria para identificar la adopción de los pagos electrónicos desde las fases tempranas hasta las fases de maduración del mercado. Asimismo, no controlamos por varios factores sugeridos por la literatura que podrían influir en la demanda de efectivo y los pagos electrónicos en el ámbito internacional, debido a limitaciones en los datos. Este es el caso, por ejemplo, de la poca información disponible sobre los costos de provisión de los pagos electrónicos, la estructura de mercado de los servicios de pago, aspectos regulatorios de cada jurisdicción sobre el ecosistema de pagos y la dinámica de la economía subterránea. No obstante, las técnicas econométricas utilizadas nos permiten manejar algunos de los sesgos que pueden derivarse de esta limitación.

Los resultados observados en la evidencia internacional se replican en el caso colombiano; sin embargo, con mayor información disponible para Colombia, encontramos que la economía subterránea incide significativamente en la demanda de efectivo. No obstante, su impacto es relativamente bajo si se compara, por ejemplo, con el de la economía formal, el de los avances tecnológicos y el de los costos de oportunidad del efectivo.

Finalmente, resaltamos la incidencia que en nuestro análisis tiene la informalidad laboral y comercial, y los costos relativos de acceso, uso y aceptación sobre la baja adopción de pagos electrónicos en Colombia. De lograrse los incentivos adecuados para aliviar estas condiciones, nuestros resultados muestran el potencial que pueden tener los efectos de red en generar altos niveles de cobertura en los pagos electrónicos. En efecto, encontramos que la probabilidad de acceder y usar pagos electrónicos por parte del público aumenta con la red de comercios que aceptan estos pagos y viceversa.

En el desarrollo del artículo acudimos a la literatura teórica sobre los determinantes de la demanda de efectivo y de los medios e instrumentos de pago alternativos, con el fin de definir nuestro trabajo empírico. En el estudio se aplica una variedad de técnicas econométricas que dependen del aspecto que se quiere estudiar y la naturaleza de los datos disponibles. Así las cosas, cada sección está acompañada de anexos técnicos que describen en detalle las metodologías utilizadas. A lo largo del artículo usamos diversas fuentes de información para construir datos de panel por países, incluyendo las bases del Banco Mundial y del FMI, la *Encuesta global sobre pagos* (del Banco Mundial), los reportes estadísticos sobre sistemas de pago del Banco de Pagos Internacionales (BPI), información sobre efectivo en circulación por denominaciones de las tesorerías de varios países y otras fuentes de estadísticas institucionales, como The Heritage Foundation, sobre indicadores de libertades económicas. Nuestra base de datos de panel cubre el período 1991-2015 y un total de 145 países, 125 en desarrollo y 20 desarrollados; sin embargo, la muestra puede reducirse, dependiendo de su uso en el artículo. Asimismo, construimos series de tiempo nacionales y hacemos uso de encuestas desarrolladas por el Banco de la República en colaboración con otras entidades.

1. ¿Cuáles son los determinantes de la demanda de efectivo y los pagos electrónicos en el ámbito internacional?

En esta sección nos centramos en los determinantes de la demanda de efectivo y de los pagos electrónicos en el mundo. En particular, investigamos los factores asociados con la demanda de efectivo, mirando sus dimensiones como instrumento de pago y depósito de valor. Nos centramos en el impacto de las innovaciones en pagos electrónicos sobre la demanda de efectivo, con el fin de entender mejor las razones por las cuales estas dos variables crecen simultáneamente tanto en países en desarrollo como desarrollados. Una vez entendida esta relación, estudiamos los factores que determinan la velocidad y profundidad en la adopción de los instrumentos de pago electrónicos.

Nuestros modelos econométricos son estimados usando la base de datos de panel internacional construida para este estudio. Por motivos de disponibilidad de datos para algunas variables, en nuestras estimaciones empleamos una submuestra de 66 países (20 desarrollados y 46 en desarrollo), para el período 1991-2015. En ella incluimos reseñas de países que durante dos o tres décadas han experimentado transformaciones importantes en sus sistemas de pago: desde los años noventa, cuando los pagos con tarjetas y transferencias electrónicas estaban en sus etapas tempranas de adopción, hasta los últimos años donde estas economías ya experimentan un alto nivel de maduración de sus pagos electrónicos. Asimismo, incluimos reseñas más cortas de países para los cuales la información disponible es más limitada, y que coincide con que son economías en desarrollo, cuyos procesos de adopción de pagos electrónicos son mucho más recientes (véase el Anexo 1 para un mayor detalle de la muestra).

1.1 Determinantes de la demanda de efectivo en el ámbito internacional

El estudio de la demanda de efectivo hace parte de la literatura sobre la demanda de dinero, la cual ha sido extensamente analizada empíricamente (Goldfeld y Sichel, 1990; Hoffman y Rasche, 1996). Buena parte de ella se ha centrado en establecer los determinantes de agregados monetarios amplios (*i. e.*: M1, M2, M3)¹⁶. Uno de los temas recurrentes de esta literatura es el estudio del efecto de las innovaciones financieras sobre la demanda de dinero (García y Pak, 1979; Porter *et al.*, 1979). No obstante,

16 El efectivo hace parte de la base monetaria de una economía y corresponde a la emisión primaria de dinero que hacen los bancos centrales. Agregados más amplios, como M1, M2, incluyen otros medios de pago, como los asociados con las cuentas de depósito a la vista (*i. e.*: cuentas corrientes y de ahorro) y a término (*i. e.*: certificados de depósito a término), emitidos por los bancos comerciales.

la literatura empírica sobre demanda de efectivo es más restringida. Los estudios más cercanos en el nivel agregado son los que se centran en los determinantes de la base monetaria (M0), los cuales son de especial relevancia para estimar las necesidades de liquidez del sector financiero en el corto plazo (Hossain, 2012).

Desde el punto de vista teórico, la demanda de efectivo tiene una antigua tradición, como los trabajos de Baumol (1952) y Tobin (1956), quienes, basados en modelos de inventario óptimo, identifican el ingreso, la tasa de interés y los costos de aprovisionamiento del efectivo como determinantes clave de las tenencias de efectivo¹⁷. Asimismo, en esta temprana literatura se identifican factores de riesgo, como la incertidumbre en los flujos de ingresos y gastos de los agentes económicos (Miller y Orr, 1966). En particular, dicha incertidumbre lleva a los agentes a definir límites en sus tenencias de efectivo para cubrirse de situaciones en las que pueden mantener demasiado o muy poco dinero en su poder. Otros derivan la demanda de efectivo de un problema de portafolio óptimo¹⁸.

Varios autores han explorado estas relaciones en el contexto de innovaciones tecnológicas empleando datos microeconómicos. Por ejemplo, Attanasio *et al.* (2002), Álvarez y Lippi (2009), y Lippi y Secchi (2009) estudian el impacto del acceso a tarjetas para retiros por cajeros electrónicos (ATM) sobre la demanda de efectivo. Entre los resultados encuentran una menor elasticidad a la tasa de interés y menores tenencias de efectivo para quienes tiene acceso a dichas tecnologías. Por su parte, Stix (2004) y Fung *et al.*, (2014) encuentran que el acceso a tarjetas de pago¹⁹ reduce significativamente tanto las tenencias como el uso del efectivo en los pagos. Fujiki y Tanaka (2009) y Chen *et al.* (2017) presentan, en cambio, evidencia de efectos limitados o nulos de recientes innovaciones en pagos electrónicos sobre las tenencias y uso del efectivo para Canadá y Japón.

Nuestro análisis en esta sección difiere de los estudios de series de tiempo y microeconométricos por país sobre la demanda de efectivo, ya que la estudiamos con una perspectiva internacional. En esta línea de trabajo

17 Los costos de aprovisionamiento del efectivo hacen alusión a las comisiones que cobran las entidades financieras a sus clientes por retiros de efectivo de las cuentas de depósito, así como, al costo de oportunidad asociado el tiempo que se requiere para hacer dichos retiros o hacer efectivo un cheque.

18 Sobre el enfoque de portafolio están, por ejemplo, los trabajos de Ando y Modigliani (1965), Friedman (1959), McCallum y Goodfriend (2012), y Santomero (1974).

19 Fung *et al.* (2014) estudian las tarjetas de pago sin contacto, las cuales pueden usarse sobre datáfonos y terminales solo con la proximidad del instrumento de pago y sin la necesidad de poner una clave o firmar, mediante la tecnología de transmisión de datos por proximidad (NFC: *near-field communication*).

está Drehmann *et al.* (2002) y Amromin y Chakravorti (2009), quienes estudian la demanda de efectivo según denominaciones para los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Los últimos autores muestran que la demanda por altas denominaciones es afectada por cambios en las tasas de interés, pero no por el uso de tecnologías alternativas de pagos electrónicos. En contraste, la demanda de bajas denominaciones cae con la adopción de pagos electrónicos. El trabajo de Bech *et al.* (2018), por su parte, resalta el efecto del nivel de desarrollo (PIB per cápita) sobre la demanda de altas y bajas denominaciones, aun cuando no explora la relación con las tecnologías de pago²⁰. Nuestra contribución a la literatura radica en que logramos un significativo aumento en la muestra usada en nuestras estimaciones, con más de 66 países (dependiendo del modelo estimado), frente a la muestra reducida de países usada en estudios previos.

Siguiendo a Drehmann *et al.* (2002) y Amromin y Chakravorti (2009), diferenciamos la demanda de efectivo de un país en los saldos reales en circulación de las denominaciones de mayor valor (más de USD 31, dólares constantes de 2011)²¹ y los saldos reales en circulación de las denominaciones de menor valor (entre USD 1 y USD 31, en dólares constantes de 2011)²². La motivación para modelar la demanda de efectivo, desagregándola en altas y bajas denominaciones, deviene de tratar de entender los dos motivos por los cuales los individuos demandan el efectivo: como depósito de valor y como instrumento de pago. Dado que las altas denominaciones tienden a ser usadas para hacer pagos esporádicos, o para emergencias y pagos de mayor valor relativo y de menor frecuencia, la literatura asocia su demanda con su función como depósito de valor. Las bajas denominaciones, en cambio, son usadas en pagos de menor valor relativo y mayor frecuencia y, por tanto, se asocian más a su función como instrumento de pago.

En nuestros modelos consideramos los factores tradicionales asociados con la demanda de efectivo como instrumento de pago, como el ingreso (PIB en dólares constantes y en logaritmos) y el costo de oportunidad del efectivo (tasas de interés de corto plazo: R). Además, incluimos desarrollos en innovaciones que afectan el costo relativo de usar efectivo, como son las redes de cajeros electrónicos (número de ATM por cada 100.000 habitantes) y el grado de aceptación de pagos electrónicos por los comercios, medido por la densidad de las redes de datáfonos en cada país ($Eftpos$ por cada 100.000 habitantes). Las tasas de desempleo ($DEMP$) son utilizadas como aproximaciones de las variaciones cíclicas del empleo informal. Finalmente, incluimos una tendencia la cual recoge la demanda de efectivo no capturada por los factores observables²³.

Estimamos modelos tanto para el agregado total de efectivo en circulación, como para el valor en circulación de altas y bajas denominaciones. Así, la demanda de efectivo (EF_{it}) en dólares constantes de 2011 para cada país en el período t es (en paréntesis los signos esperados para los parámetros asociados con cada variable):

$$\ln(EF)_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(PIB)_{it} + \beta_2 R_{it} + \beta_3 ATM_{it} + \beta_4 DEMP_{it} + \beta_5 Eftpos_{it} + \beta_6 t_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

(+) (-) (+/-) (+)

(-) (+/-)

Con el fin de explorar distintas especificaciones sobre el efecto de $Eftpos$ en la demanda de efectivo, además de la relación lineal en (1), estimamos modelos no lineales. Estos últimos están motivados en que los pagos electrónicos usualmente enfrentan fases iniciales de adopción lenta, seguidas de períodos de aceleración y consolidación. El Anexo 1 los describe en detalle y documenta la metodología de estimación usada con el fin de corregir posibles sesgos típicos en la estimación de los parámetros de estos modelos.

Nuestros resultados indican que la expansión de las redes de $Eftpos$ (datáfonos) disminuye significativamente la demanda de efectivo (Gráfico 5). No obstante, este efecto solo se presenta para las altas denominaciones. Estos resultados contrastan con los de Amromin y Chakravorti (2009), quienes encuentran un efecto negativo significativo solo sobre la demanda de bajas denominaciones. Empero, se alinean con los resultados de estudios microeconómicos en el sentido de que los instrumentos de pagos, tales como las tarjetas débito y crédito, tienden a ser sustitutos

20 Conviene reseñar que hay pocos trabajos que estudian la demanda de efectivo desagregándola por denominaciones para países específicos (Bartzsch y Seitz, 2015). En Colombia se destacan los de Arango-Arango *et al.* (2004) y Martínez-Ventura (2013). Este último autor, en particular, estudia el impacto del desarrollo de la red de datáfonos sobre la demanda de altas y bajas denominaciones, sin encontrar efectos estadísticos significativos.

21 Tomamos los USD 31, en dólares constantes de 2011, como punto de referencia para separar las altas de las bajas denominaciones para los países de la muestra, con el fin de reducir la incidencia de casos en donde altas denominaciones puedan mutar a bajas denominaciones (véase el Anexo 1 para una discusión detallada).

22 Para convertir los valores de las distintas denominaciones en la moneda de cada país a dólares constantes, utilizamos los índices de paridad de poder adquisitivo calculados por entidades multilaterales como la OCDE y el Banco Mundial. Dichos índices permiten controlar por diferencias en los niveles de precios de cada economía, haciendo comparables los valores de distintas estadísticas denominadas en la moneda de cada país, al convertirlas a valores reales y en una misma moneda: el dólar estadounidense.

23 Se hicieron también estimaciones con variables dicotomas para cada año para incorporar efectos comunes en el tiempo para los países. No obstante, la tendencia parece recoger mejor dichos factores que efectos diferenciados en el tiempo. Asimismo, se probaron algunas variables asociadas con la incertidumbre económica, como la volatilidad de la tasa de cambio, pero no resultaron significativas.

más cercanos del efectivo en pagos de alto valor relativo (superiores a los USD 15 a USD 20). En efecto, en varias economías desarrolladas los pagos en efectivo representan más del 70% de los pagos de montos relativamente bajos y solo un 20% en los más altos —véase Arango-Arango *et al.* (2018) y Bagnall *et al.* (2016)—.

En términos del impacto de distintos factores en la demanda de efectivo en el pasado reciente (2011-2015), encontramos que los aumentos generados por la mayor actividad económica (PIB), el desarrollo de las redes de ATM²⁴ y las menores tasas de interés han sido compensados por la menor demanda, derivada de la adopción de pagos electrónicos (Eftpos). No obstante, las estimaciones revelan que más allá de los factores ingreso, costos y tecnológicos, hay una tendencia positiva persistente en las tenencias de efectivo en las economías de la muestra, particularmente de altas denominaciones (Gráfico 6).

Este resultado resalta la función que cumple el efectivo como depósito de valor y activo de bajo riesgo. Este aumento en la demanda de efectivo puede tener origen en varios factores no tratados en nuestras estimaciones, como mayor incertidumbre económica (Stix, 2013) o una dinámica creciente de la economía subterránea en algunas de las economías de la muestra (Medina y Schneider, 2018)²⁵.

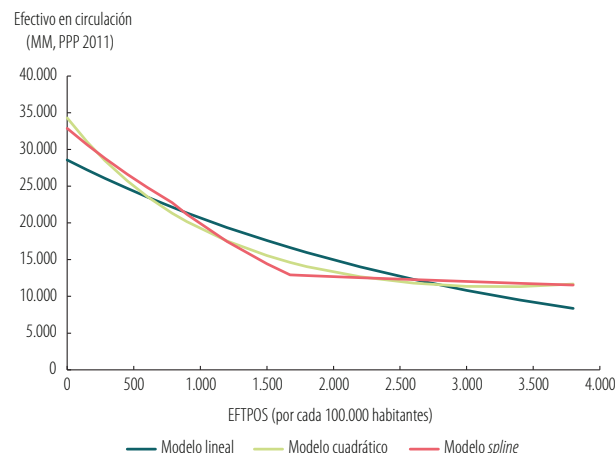
En síntesis, las estimaciones del Gráfico 6 sugieren que el desarrollo de los sistemas de pago electrónicos tiene un efecto sustitución significativo sobre la demanda de efectivo. En particular, el impacto promedio para el período 2010-2015 fue casi equivalente, y contrarrestó los efectos positivos derivados del aumento en el PIB, la reducción en las tasas de interés y el crecimiento en las redes de ATM. De no haber sido por la tendencia creciente en la demanda de efectivo por motivos distintos a los tradicionales (*i. e.*: depósito de valor), el crecimiento de la demanda de efectivo para nuestra economía promedio habría sido prácticamente nulo en términos reales.

24 Se resalta el efecto de las redes de ATM: positivo para las altas y negativo para las bajas denominaciones. Para las bajas denominaciones, la disponibilidad de cajeros reduce los costos de acceso al efectivo, aumentando su demanda, pero reduce las tenencias promedio, al permitir retiros más frecuentes, con un efecto neto negativo. En el caso de las altas denominaciones, el aumento en las redes de ATM puede coincidir con que los bancos encarezcan el acceso al efectivo por otros canales, como el retiro por ventanilla, por donde se accede a estas denominaciones (Allen *et al.*, 2019). Esto puede aumentar el valor retirado y disminuir la frecuencia en los retiros con un efecto neto positivo para las altas denominaciones.

25 Aun cuando Medina y Schneider (2018) estiman la economía subterránea con datos desde 1991 para varias economías y, en principio, aquellos se podrían usar en nuestras estimaciones, no seguimos esta estrategia debido a que sus estimaciones se basan en la demanda de efectivo en las distintas economías y, por ende, hacen que esta variable no tenga las propiedades de exogeneidad que se requieren para introducirla en nuestros modelos.

Gráfico 5 Efecto del desarrollo de los sistemas de pago electrónicos sobre la demanda de efectivo

El desarrollo de las redes de pagos electrónicos reduce, en el margen, la demanda de efectivo, en particular de altas denominaciones. Su efecto es más pronunciado en estados tempranos de adopción de los pagos electrónicos.



Nota: cada línea corresponde a distintas especificaciones de la relación entre Eftpos (datáfonos) y el efectivo en circulación. Encontramos que hay evidencia estadística de una relación no lineal.

Fuente: cálculos de los autores.

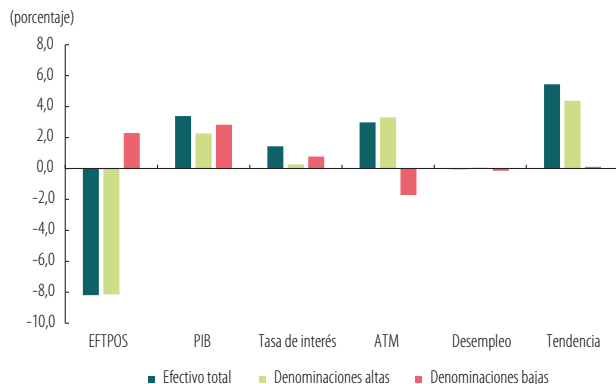
1.2 Determinantes del uso de pagos electrónicos en el ámbito internacional

Ahora que hemos identificado cómo la adopción de pagos electrónicos impacta la demanda de efectivo, la pregunta natural que surge es cuáles son los determinantes de dicha adopción. Para esto estudiamos el comportamiento del volumen de pagos electrónicos per cápita de las distintas economías de la muestra descrita en la sección anterior, en los sistemas de tarjetas débito y crédito, y las transferencias electrónicas.

Estos sistemas de pagos han estado disponibles para ser adoptados internacionalmente por lo menos desde hace cincuenta años. La digitalización de los pagos con tarjeta en el punto de venta apareció como una extensión de la tecnología que se desarrolló para el retiro de cajeros electrónicos mediante tarjetas débito en los años setenta. En esta década también se fundaron las primeras redes de pagos ACH en Estados Unidos para efectuar transferencias electrónicas interbancarias. En la década de los ochenta aparecieron los primeros datáfonos (Eftpos) para la aceptación de pagos con tarjeta, y las franquicias Visa y MasterCard desarrollaron sus propias redes electrónicas. De manera paralela, entre estas décadas, las franquicias expandieron sus redes de pago a distintos países.

Gráfico 6 Descomposición histórica de la variación en la demanda de efectivo entre 2011-2015, según los factores que la determinan

El desarrollo de las redes de pagos electrónicos (EFTPOS) ha contenido la demanda de efectivo en el pasado reciente. Su efecto contrarresta el impulso en la demanda de efectivo debido a la mayor actividad económica, las menores tasas de interés y el desarrollo de las redes de ATM, sin embargo, persiste una tendencia creciente no explicada por las variables tradicionales.



Nota: para cada variable calculamos su variación anual (positiva o negativa) promedio durante el período 2011-2015. Esta variación se multiplica por los respectivos coeficientes estimados para cada variable consignados en el Anexo 1. La suma de estos efectos es igual a la variación en la demanda de efectivo de la economía promedio en nuestra muestra para el período en mención.

Fuente: cálculos de los autores.

En Colombia la franquicia Visa inició operaciones en 1971 con la concurrencia de once bancos, los cuales conformaron la asociación CredibanCo²⁶. Por su parte, la franquicia MasterCard fue adquirida por dos bancos colombianos en 1970. En 1984 se instalaron los primeros datáfonos en Colombia, lo cual dio inicio a la red de P. O. S de CredibanCo. En 1986 se fundó la Red Multicolor, conformada por las corporaciones de ahorro y vivienda, y que dio origen a la red de datáfonos para la aceptación de tarjetas débito. En 1988 surgió Redeban para hacer el enrutamiento de las operaciones de cajeros automáticos. En 1993 la Red Multicolor adquirió los derechos de MasterCard. En el año 2000 Redeban y la Red Multicolor se fusionaron y se creó Redeban Multicolor (hoy RBM Redeban Multicolor)²⁷. Actualmente, RBM y CredibanCo procesan pagos con tarjetas débito y crédito de Visa y MasterCard, así como de tarjetas no franquiciadas emitidas, por ejemplo, por las cajas de compensación familiar. Además de RBM y CredibanCo, el mercado de tarjetas cuenta con las redes

Visionamos y Assendared, las cuales procesan pagos con tarjetas débito y crédito emitidas por varios bancos comerciales y entidades financieras del sector cooperativo. Por su parte, la ACH Cenit y la ACH Colombia, encargadas del procesamiento de transferencias débito y crédito interbancarias, vienen prestando sus servicios desde finales de los años noventa^{28, 29}.

Poco se ha documentado sobre los factores que determinan el proceso de adopción de innovaciones en los pagos en el mundo. Entre las referencias en este campo destacamos a Bech y Hobijn (2007), quienes estudian la adopción de sistemas de pagos de alto valor con liquidación bruta en tiempo real (RTGS, por su sigla en inglés) por parte de los bancos centrales en el mundo. Los autores encuentran que esta depende del PIB per cápita, la población, el grado de educación, los costos de la tecnología, y vínculos comerciales entre adoptantes y no adoptantes. Hay, también, algunos trabajos que se centran en las decisiones de los bancos de adoptar una tecnología de pagos, como las redes ATM o las ACH, centrándose en factores tales como economías de escala y tamaño de los bancos, competencia entre bancos y problemas de coordinación, y efectos de red (Gowrisankaran y Stavins, 2002; Hannan y McDowell, 1984; Milne, 2006). Finalmente, algunos artículos estudian factores de estructura de mercado que inciden en la curva de adopción de pagos electrónicos, como las tarifas interbancarias³⁰ y la competencia entre rivales (p. e.: Ming *et al.*, 2016; Valverde *et al.*, 2016).

En esta sección nos concentramos en la adopción de los instrumentos de pago electrónicos tradicionales en el mundo incluyendo los pagos con tarjetas y las transferencias débito y crédito, los cuales han transformado la manera como los individuos pagan en muchas partes del mundo.

El primer modelo de adopción que estimamos supone que el crecimiento en los pagos electrónicos per cápita de las economías sigue un proceso en forma de S (Bech y Ho-

26 Véase: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-181712> y <https://www.credibanco.com/sobre-credibanco>, consultadas el 16 de julio de 2019.

27 Véase: <https://www.rbmcolombia.com/wps/portal/index/institucional/quienesomos> consultadas el 16 de julio de 2019.

28 Véase: <https://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/introducci-n-2> y <https://www.achcolombia.com.co/nosotros>, consultadas el 16 de julio de 2019.

29 Véase las distintas ediciones del *Reporte del Sistema de Pagos* del Banco de la República para un mayor detalle sobre el ecosistema de pagos en Colombia: <http://www.banrep.gov.co/es/reportes-sistemas-pago>, consultadas el 16 de julio de 2019.

30 Las tarifas interbancarias son aquellas que se cobran entre participantes de un sistema de pagos. Por ejemplo, en las redes de tarjetas usualmente los bancos adquirentes (aquellos que vinculan a los comercios) pagan una tarifa interbancaria de intercambio a los bancos emisores de las tarjetas. En algunas ACH los bancos receptores de los pagos cobran tarifas a los bancos originadores del pago. Estas tarifas se cobran, entre otras razones, con el objetivo de balancear los beneficios y costos de los distintos participantes en los sistemas.

bijn, 2007; Rogers, 2003), con una primera fase de lento crecimiento, seguida por una de aceleración, hasta que se alcanza un punto de inflexión después del cual la adopción es más lenta, llegando a una fase de saturación del mercado (Gráfico 7). Este modelo representa una hipótesis estilizada de los procesos de adopción tecnológica que responde a factores de demanda y oferta que inciden en la velocidad y profundidad del proceso.

Desde el lado de la demanda de pagos electrónicos, están las externalidades de red que ocurren como resultado de que los beneficios para un participante en el sistema de pagos aumentan a medida que crece el número de participantes que lo usan. Estas externalidades generan un círculo virtuoso de aceleración de la adopción. Asimismo, los procesos de diseminación de información sobre los beneficios (y costos) de la nueva tecnología tienen efectos importantes de red. Rogers (2003) plantea que en los primeros estadios de una innovación quienes la adoptan son aquellos que son más inclinados a nuevas tecnologías (como las generaciones más jóvenes, aquellos agentes tomadores de riesgo y con suficiente capacidad adquisitiva). Posteriormente, a medida que otros agentes se informan sobre las bondades de la tecnología, se va dando una adopción generalizada.

Por su parte, por el lado de la oferta de pagos electrónicos se generan procesos de economías de escala que permiten reducciones significativas en los costos de acceso y uso del servicio, lo cual crea, de nuevo, incentivos para una aceleración en la adopción de los pagos. No obstante, tanto los efectos de red como la reducción en costos por las economías de escala se van agotando, desembocando en una desaceleración y eventual saturación del mercado.

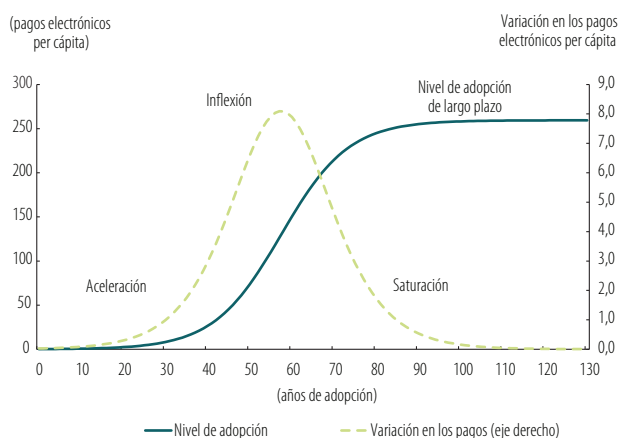
El modelo toma como variable dependiente el volumen de pagos electrónicos per cápita y permite que la forma de la curva, en función del tiempo, pueda variar dependiendo de las características de los países³¹. Dos parámetros definen la forma de la curva: 1) el nivel de penetración de largo plazo, o el nivel de pagos per cápita cuando el mercado ya es maduro, y 2) el parámetro que determina la velocidad de adopción, la cual identifica qué tanto se demora un país entre los puntos de aceleración y de saturación del mercado (Gráfico 7).

Asumimos que el parámetro que define el nivel de adopción de largo plazo depende positivamente de los niveles relativos de ingreso per cápita, la población (como variable proxy de economías de escala) y mejores instituciones.

Por su parte, presuponemos que el parámetro de velocidad de adopción depende positivamente de la capacidad de

Gráfico 7
Modelo S de adopción de las tecnologías de pago

La adopción de pagos electrónicos puede asociarse con los modelos de adopción de otras tecnologías: una fase temprana, relacionada con la demanda de usuarios pioneros, seguida de una de aceleración por la diseminación de información y reducción de costos, para llegar a una fase de maduración (o saturación) del mercado.



Fuente: cálculos de los autores con base en un modelo de adopción tecnológica hipotético.

pago, medida por el ingreso per cápita; el costo de oportunidad relativo de usar medios electrónicos frente al efectivo, medido por la tasa de interés de corto plazo; los bajos grados de poder adquisitivo de la estructura de denominaciones del país, medido por el valor en dólares constantes de la mayor denominación de billetes; y el mayor grado de concentración del sector financiero, como medida de la facilidad de coordinación en los mercados de pagos.

Asimismo, incluimos variables sociopolíticas de los países, que afectan el parámetro de velocidad de adopción, tales como el nivel de educación, el grado de envejecimiento de la población y variables que miden las libertades de los agentes en distintos mercados, como el de inversión y el laboral, así como variables de estabilidad política (véase el Anexo 1 para una descripción detallada de las variables).

Nuestras estimaciones muestran que tanto el nivel de adopción de largo plazo como la velocidad de adopción están prácticamente dominados por los niveles de ingreso per cápita de las economías. Las otras variables no resultan estadísticamente significativas (excepto por la *dummy* de población entre 15 y 30 años)³². El efecto positivo del ingreso per cápita sobre el nivel de adopción de largo plazo tiende a ser decreciente, ya que la forma funcional cuadrática es significativa (Cuadro 1).

31 En la estimación usamos métodos de efectos mixtos para datos de panel por el carácter no lineal del modelo respecto a sus parámetros. Véase el Anexo 1 para una discusión detallada de esta metodología.

32 La mayor parte de la heterogeneidad de la muestra es recogida con la modelación de efectos aleatorios en la distribución de los parámetros de adopción de largo plazo y de velocidad (Anexo 1).

Cuadro 1

Factores que influyen en el nivel de adopción de largo plazo y la velocidad de adopción de los pagos electrónicos^{a/}

El efecto ingreso, medido por el ingreso per cápita de los individuos, es el factor que domina tanto la velocidad como el nivel de adopción de los pagos electrónicos de largo plazo. Este efecto ingreso es mayor sobre los niveles de adopción de largo plazo en economías de menor desarrollo relativo^{b/}.

Variable dependiente: pagos electrónicos per cápita	Parámetros estimados
Nivel de adopción de largo plazo	
PIB pc PPP 2011, MM	7,8333***†
PIB pc PPP 2011 MM, cuadrado	-51,6984**†
ln (población)	3,4435
Índice de libertades económicas	21,3200
OCDE	169,4049***
Constante	-124,6427
Velocidad de adopción	
PIB pc PPP 2011 MM	0,7635***
Tasa de interés de corto plazo	-0,0002
ln (mayor denominación de billetes, PPP 2011)	-0,0003
Años de mayor denominación en circulación/100	0,0051
Concentración bancaria	0,0001
Población 15 a 30 años	-0,1997***
Índice de carga fiscal	0,0067
Constante	0,1532***

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

† Parámetros divididos por 1.000.

^{a/} Estimamos varios modelos alternativos al presentado en el cuadro, con un mayor conjunto de variables explicativas. No obstante, este fue el de mejores propiedades estadísticas (véase el Anexo 1).

^{b/} Este efecto ingreso decreciente se desprende de la significancia estadística de la forma cuadrática en que entra el ingreso per cápita en el parámetro de adopción de largo plazo.

Nota: la curva S de adopción estimada toma como variable dependiente el volumen de pagos electrónicos per cápita en función del tiempo. Su forma está determinada por dos parámetros: el parámetro de velocidad y el parámetro de nivel de adopción de largo plazo. Los dos determinan qué tan rápido llega una economía de los estadios tempranos a los estadios de madurez del mercado (véase el Anexo 1 para más detalles sobre las variables y la muestra de países usada).

Fuente: cálculos de los autores.

Los países de la OCDE, por ejemplo, alcanzan niveles de adopción cuatro veces mayores a los de los países no OCDE. En esta caracterización Colombia estaría algo por debajo de los países de menores ingresos relativos, con expectativas del orden de cincuenta pagos electrónicos anuales per cápita, de seguir con las condiciones actuales de desarrollo. Por supuesto, a medida que las economías alcanzan mayores niveles de ingresos per cápita, estas van

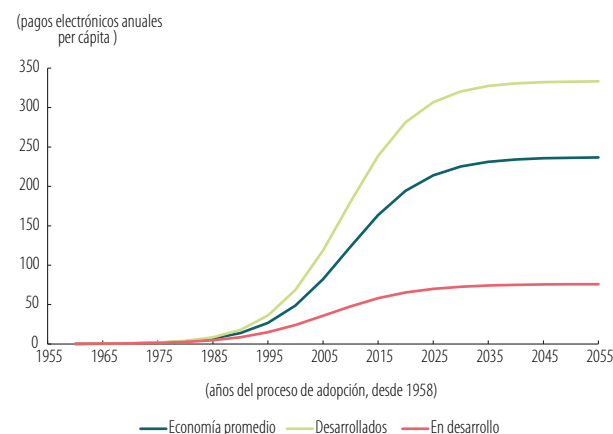
logrando sendas de adopción más rápidas y de mayor profundidad (Gráfico 8).

El hecho de que el ingreso per cápita domine los procesos de adopción refleja el cálculo beneficio-costos que hacen los agentes en su adopción de sistemas de pago electrónicos. Para niveles bajos de ingreso, los costos de acceso y uso solo permiten un bajo y lento nivel de adopción, ya que los efectos de red y de escala se materializan de manera limitada. Asimismo, el ingreso per cápita recoge los niveles de capacidad financiera y tecnológica de las economías para invertir en la digitalización de sus pagos.

Gráfico 8

Efectos del ingreso per cápita sobre las curvas de adopción

A mayores niveles de desarrollo de las economías, más rápida y más profunda es la adopción de las tecnologías de pago electrónicas. A medida que los países aumentan sus ingresos per cápita van ubicándose en curvas de adopción más altas.



Fuente: cálculos de los autores.

1.2.1 Una mirada más cercana a la velocidad de adopción de los pagos electrónicos per cápita

El modelo S presentado es una especificación bastante estilizada del proceso global de adopción de los pagos electrónicos. En particular, esta supone que todos los países siguen el mismo modelo de adopción y su proceso empieza en el mismo punto de partida. Sin embargo, es posible que para algunos países la implementación de la tecnología estuviera condicionada por restricciones a la importación de ciertos equipos o por limitaciones regulatorias o de mercado. Asimismo, es posible que otros países hayan tenido procesos más rápidos de adopción al iniciar de manera rezagada y beneficiarse de experiencias foráneas.

Una forma menos restringida de estudiar los factores que inciden en los procesos de adopción es la de analizar la ve-

locidad de adopción sin suponer de antemano un modelo específico como el representado en el Gráfico 7. Como ya lo advertimos, es característico de la adopción de distintas tecnologías el que las tasas de crecimiento en su uso estén en función de su nivel de penetración. En este sentido, se espera que las tasas de crecimiento en los pagos per cápita tiendan a disminuir a medida que los niveles de uso de pagos electrónicos van alcanzando su madurez. El Gráfico 9 muestra que este es el caso para nuestra muestra de países.

Con esto en mente, estimamos el siguiente modelo de tasas de crecimiento de los pagos electrónicos per cápita (g_{it}) con técnicas estándares de modelos lineales con datos de panel:

$$g_{it} = \beta_0 + \beta_1 y_{it-2} + X_{it}'\theta + \mu_i + \epsilon_{it}^g \quad (2)$$

donde y_{it-2} son los pagos per cápita rezagados dos períodos³³. El resto de las variables incorporadas en X_{it} corresponden a los factores que asumimos afectan la velocidad de adopción de la curva S, y que discutimos anteriormente. Además, asumimos que la velocidad esta en función de factores no observables (μ_i como efecto fijo para cada país y ϵ_{it}).

Nuestras estimaciones muestran que, en efecto, la tasa de crecimiento de los pagos electrónicos está negativamente relacionada con el estado de adopción y_{it-2} , lo cual es consistente con un proceso tipo S de adopción. La alta correlación del estado de los pagos electrónicos per cápita y_{it-2} con el PIB per cápita hace que no haya un efecto adicional capturado por esta última variable (Cuadro 2).

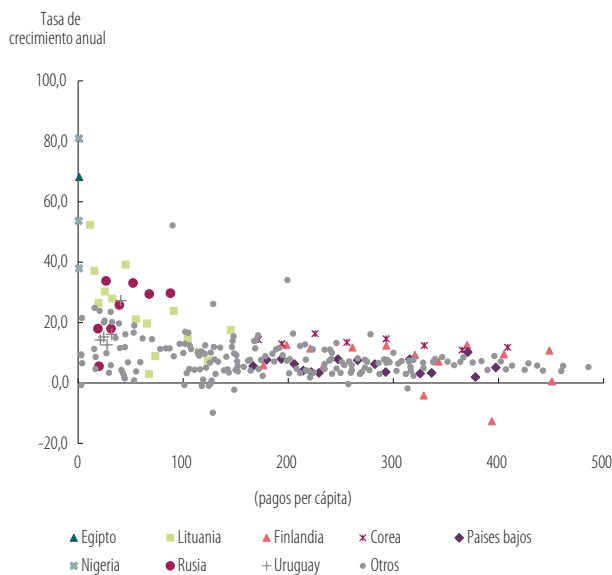
Por su parte, el modelo de tasas de crecimiento de la ecuación (2) complementa los resultados obtenidos en la estimación de las curvas S. En particular, encontramos que los países con denominaciones de billetes en circulación con un alto poder adquisitivo tienden a tener menores ritmos de adopción de los sistemas de pago electrónicos. Asimismo, algunos indicadores del avance tecnológico representado por menores líneas telefónicas fijas, en relación con teléfonos celulares, se asocian con mayores ritmos de adopción. Por último, aspectos institucionales asociados con regímenes de mayores libertades fiscal y financiera aumentan la velocidad de adopción de los sistemas de pago electrónicos (Cuadro 2)³⁴.

33 Se toma el nivel de pagos electrónicos per cápita rezagados dos períodos con el fin de evitar posibles sesgos debido a que y_{it} y y_{it-1} no son independientes del error de la ecuación de crecimientos ϵ_{it}^g , ya que forman parte, por construcción, del cálculo de g_{it} .

34 Estas variables fueron incluidas en algunos de los modelos S estimados, pero no resultaron significativas. Consideramos que un modelo con menores supuestos como el de la ecuación (2) permite capturar estos efectos adicionales.

Gráfico 9
Tasas de crecimiento de los pagos electrónicos per cápita según el grado de adopción

La velocidad de adopción de los pagos electrónicos tiende a disminuir a medida que el estado de adopción aumenta, consistente con las teorías S de adopción.



Fuente: BIS (*Global payment systems survey*); cálculos de los autores.

En suma, los resultados del análisis presentado en esta sección dan respuesta a la aparente paradoja del crecimiento en la demanda de efectivo, a pesar del dinámico aumento en la adopción de los pagos electrónicos en las distintas economías de la muestra. Las estimaciones de la demanda de efectivo en el ámbito internacional muestran clara evidencia de que el avance en la adopción de sistemas de pago electrónicos, reduce la demanda de efectivo en circulación.

El efecto sustitución se centra en la reducción en la demanda de altas denominaciones de billetes, ya que las tarjetas de pago y transferencias interbancarias tienen una clara ventaja comparativa frente al efectivo en transacciones de alto valor relativo. Esto no obsta para que la demanda de efectivo y los pagos electrónicos crezcan simultáneamente como resultado, en parte, del efecto ingreso positivo sobre las dos variables, por los menores costos de oportunidad que han experimentado muchas de las economías y, en parte, por la tendencia creciente de la demanda de efectivo, la cual está asociada con las preferencias de los individuos por el efectivo como depósito de valor.

2. La demanda de efectivo en Colombia

La evidencia presentada en el ámbito internacional sobre la relación estrecha entre la demanda de efectivo y la mayor profundización de los pagos electrónicos como sustitutos

cercanos sirve de referencia para los bancos centrales de países en desarrollo, ya que muchas de estas economías están en etapas de acelerado crecimiento en la adopción de sistemas de pago electrónicos. Por este motivo, exploramos más a fondo estas relaciones en el contexto colombiano.

Cuadro 2 Estimación panel del modelo de crecimiento en los pagos electrónicos per cápita

La velocidad de adopción de los pagos electrónicos disminuye a medida que se alcanzan mayores niveles de adopción y es menor en países con regímenes fiscales y financieros más restrictivos y estructuras de billetes con alto poder adquisitivo.

Variable dependiente: crecimiento de los pagos electrónicos per cápita (pc)	Parámetros estimados
Pagos digitales pc, rezago 2	-0,0003***
PIB pc, PPP 2011	0,5098
Tasa de interés de corto plazo	0,0003
ln (mayor denominación de billetes, PPP 2011)	-0,0170**
Años de mayor denominación en circulación/100	-0,0089
Concentración bancaria	-0,0003
Población 15 a 30 años	-0,3771
Líneas telefónicas	-0,0007*
Líneas celulares	-0,0004
Sistemas de pagos inmediatos	0,0027
Estabilidad política	0,0157
Libertad fiscal/100	0,0565*
Libertad de negocios/100	-0,0763**
Libertad de inversión/100	-0,146**
Libertad financiera/100	0,1239**
Constante	0,4033***
N	405
R2	0,1714

Nota: la mayor denominación de billetes de cada país se calcula en dólares internacionales, según los factores de poder adquisitivo de paridad (PPP) base 2011, extraídos del Banco Mundial. Mayores valores de las variables de libertades económicas indican que los regímenes regulatorios son menos restrictivos (véase el Anexo 1).

***, ** y * denota significancia estadística a niveles de 1%, 5% y 10%, respectivamente.

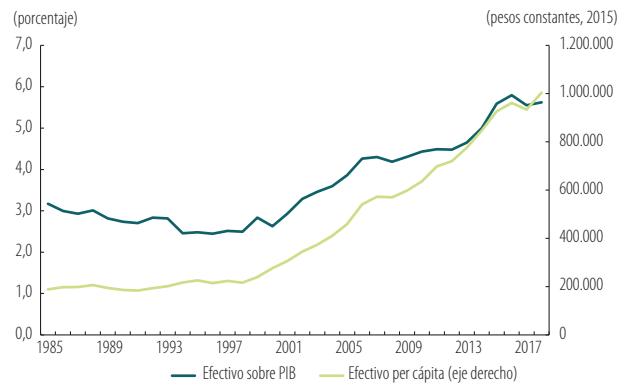
Fuente: cálculos de los autores.

La razón del efectivo (valor de billetes y monedas en circulación)³⁵ a PIB y el valor del efectivo en circulación real per cápita en Colombia presentan un claro quiebre en sus tendencias a finales de los noventa. Como se observa en el Gráfico 10, después de haber tenido niveles promedio de

2,8% durante los años noventa, el efectivo sobre PIB crece continuamente hasta ubicarse en 5,6% en 2017. De igual manera, las tendencias de efectivo per cápita, que estaban en niveles de COP 200.000 (pesos constantes de 2010) a finales de los noventa, hoy están alrededor de COP 1.000.000.

Gráfico 10 Desempeño histórico del efectivo en Colombia

La demanda de efectivo en Colombia ha crecido de manera sostenida desde finales de los años noventa.



Nota: las cifras de efectivo corresponden a billetes y monedas en circulación fuera del sistema financiero, es decir, en poder del público.

Fuentes: Banco de la República y DANE; cálculos de los autores.

Distintos factores coinciden en una posible explicación a este fenómeno. En primer lugar, luego de la crisis de finales de los noventa, el nivel de ingreso per cápita en Colombia ha experimentado la misma tendencia creciente de la demanda de efectivo, así como lo han hecho los otros medios de pago disponibles en la economía, como las cuentas de depósito, los certificados de depósito a término (CDT), los bonos, entre otros instrumentos financieros de depósito (Gráfico 11), acorde con la evidencia internacional sobre la demanda creciente de los otros medios de pago distintos al efectivo³⁶.

En segundo lugar, el cambio de estrategia de inflación objetivo adoptado por el Banco de la República a comienzos de los años dos mil trajo consigo una reducción de la inflación y las tasas de interés, favoreciendo la demanda de efectivo.

En tercer lugar, existen al menos dos hipótesis adicionales que se han esgrimido en la discusión nacional sobre la creciente demanda del efectivo: su relación con la economía subterránea y con la implementación del gravamen a los

36 El aumento en los pagos electrónicos con tarjetas débito y crédito y transferencias bancarias, por ejemplo, implican incrementos en los medios de pago que se asocian a ellas, como los depósitos de cuentas corrientes o de ahorro.

35 Efectivo fuera del sistema financiero, es decir, en poder del público.

movimientos financieros (GMF), que se cobra en operaciones transadas en las cuentas de depósito del sistema financiero, y que incentiva el uso de efectivo como un mecanismo para su elusión.

2.1 Un modelo de la demanda de efectivo para Colombia

Para discernir sobre qué factores han incidido en el persistente crecimiento en la demanda de efectivo, estimamos un modelo que contiene tanto los determinantes tradicionales como variables que pretenden capturar las hipótesis que hemos mencionado. La metodología es la de un modelo de corrección de errores (VEC)³⁷, usando una muestra de datos en frecuencia anual desde 1976 hasta 2017.

En particular, modelamos el efectivo en términos reales como función del PIB real; la tasa de interés nominal de los depósitos a término (noventa días) y la inflación anual³⁸, como costos de oportunidad del efectivo; y un indicador de innovaciones en sistemas de pagos sustitutos del efectivo³⁹. A estos factores tradicionales añadimos dos indicadores de la actividad en la economía subterránea: uno de informalidad laboral, medido como la proporción de trabajadores por debajo del salario mínimo, y uno de actividad criminal, aproximado por el número de hectáreas de cultivo de hoja de coca⁴⁰. Finalmente, incluimos una tendencia que recoge todos los fenómenos que no capturamos

37 Para una breve descripción véase el Anexo 5.

38 Las variables de PIB, tasa de interés nominal e inflación están siempre presentes al considerar una demanda por dinero que parte de un mecanismo de ajuste parcial como marco teórico. Este mecanismo considera que los agentes ajustan sus tenencias corrientes de dinero para acercarlas a la cantidad de dinero óptima que minimiza los costos de hacer transacciones. No obstante, dados los costos de ajuste, entre otros factores, los agentes solo pueden lograr un acercamiento parcial de sus tenencias al óptimo (para más información, véase el Anexo 4).

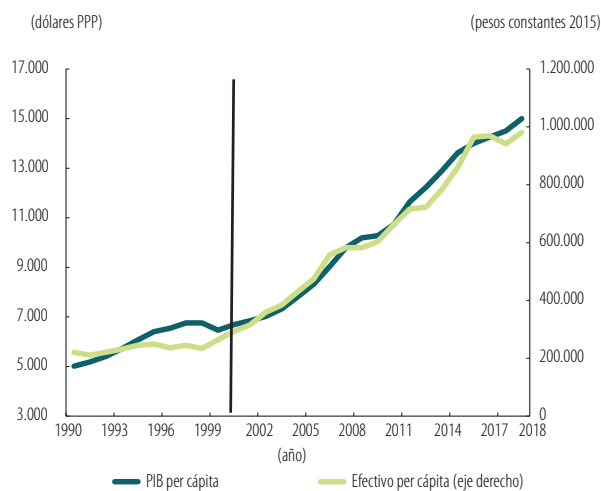
39 En la práctica, las innovaciones financieras en materia de sistemas de pago son muy difíciles de medir, pues no se encuentra información de dichas inversiones para el período de nuestra muestra. Igual sucede si se intentara modelar simultáneamente la demanda de efectivo y la utilización de pagos electrónicos en Colombia. En este caso usamos una *proxy* calculada como la suma acumulada de las tasas de interés observadas netas ajustadas por un factor de depreciación (Arango-Arango *et al.*, 2006). Este indicador captura el hecho de que a mayores tasas de interés mayor es la demanda potencial por cuentas de depósito y servicios transaccionales, y por ende mayores los incentivos para incurrir en los costos fijos de invertir en sistemas de pago electrónicos, por lo que la variable es acumulativa (Goldfeld y Sichel, 1990).

40 La variable hectáreas cultivadas de hoja de coca "indicadora de las actividades asociadas al narcotráfico" es limitada ya que es el eslabón más bajo de la cadena de valor de este tipo de actividades ilícitas. Desafortunadamente no podemos hacer análisis de robustez de este aspecto de nuestra especificación, dado que no fue posible encontrar otros indicadores de la economía ilegal para todo el período de nuestra muestra.

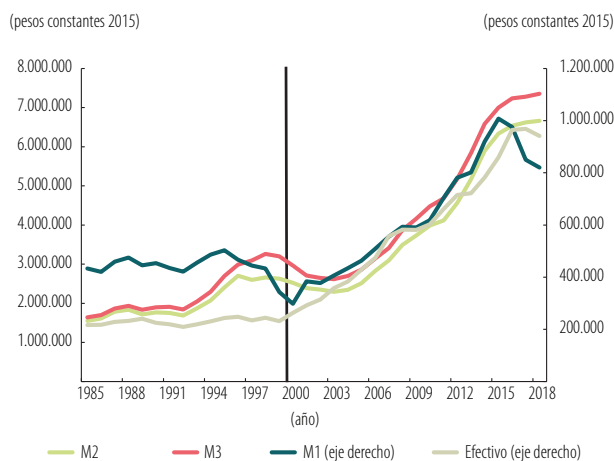
Gráfico 11 Comportamiento de los agregados monetarios per cápita en Colombia

La tendencia creciente desde comienzos del siglo XXI no es solo del efectivo. El mismo comportamiento han experimentado los demás medios de pago en la economía. Dicha dinámica coincide con un aumento del ingreso per cápita, factor central en la demanda de distintos medios de pago.

A. PIB y efectivo per cápita



B. Efectivo y otros agregados monetarios per cápita



Nota: Panel A: corresponde al PIB per cápita en PPP de 2011 (Banco Mundial) versus el efectivo per cápita (Banco de la República, DANE y cálculos propios). Panel B: incluye el efectivo y todos los demás agregados monetarios sin efectivo. Por ejemplo, M1 en el gráfico es igual al M1 total menos efectivo en términos per cápita. M2 es M1 más depósitos de ahorro y a término, y M3 es M2 más otros pasivos sujetos a encaje, como los repos con el sector real, los depósitos fiduciarios y los bonos. La línea negra vertical se ubica en el año 2000 (Banco de la República, DANE y cálculos de los autores).

de manera explícita en la relación de largo plazo entre la demanda de efectivo y sus determinantes⁴¹.

También, incluimos variables que empíricamente no determinan la demanda de efectivo en el largo plazo, pero que pueden impactarla en el corto plazo. Con estas capturas, por ejemplo, efectos de la introducción del GMF con una tarifa de dos pesos por cada mil (2×1000) en 1999, y sus aumentos en los años subsiguientes: al 3×1000 en 2001 y al 4×1000 en 2004; y la expansión de la red de cajeros automáticos⁴² en el territorio nacional. Asimismo, incluimos una variable dicótoma que controla por el efecto de la crisis financiera de finales de los años noventa en Colombia.

La interpretación de los resultados la hacemos en dos partes. Primero, analizamos los determinantes estructurales o de largo plazo y luego el efecto que tienen las variables que recogen efectos de corto plazo.

Del análisis de los determinantes de largo plazo concluimos, en primer lugar, que cuando existe un mayor volumen de transacciones en la economía, el acervo de efectivo necesario para atenderlas aumenta en la misma proporción; de allí que la elasticidad⁴³ ingreso de la demanda por efectivo en términos reales sea cercana a 1. En segundo lugar, mayores tasas de interés y de inflación reducen la demanda de efectivo, ya que esto induce a los agentes a sustituir sus tenencias por instrumentos financieros que rindan un interés (DTF) o por bienes durables (DIPC). En este caso, los signos de los efectos van acorde con lo esperado, pero solamente el asociado con la inflación es estadísticamente significativo. En tercer lugar, las innovaciones en pagos (LIAC) tienen un efecto negativo, estadísticamente significativo, sobre la demanda de efectivo, lo que se traduce en que las tenencias de efectivo se reducen a medida que el sistema bancario invierte en la tecnificación de sus canales y servicios. Nótese la alta elasticidad que tiene esta variable, la cual es el doble de la que se obtiene para la variable de actividad económica *LPIB* (Cuadro 3)⁴⁴.

41 Formalmente, la relación de largo plazo se refiere a la relación de cointegración del modelo. Véase Martínez-Ventura (2013), Misas-Arango *et al.* (2004) y Arango y González (1999) para estimaciones recientes en Colombia de agregados monetarios estrechos como M1 y efectivo.

42 El desarrollo de las redes de cajeros no se incluye en los factores de largo plazo ya que la tasa de interés acumulada captura los distintos avances tecnológicos.

43 Tanto el efectivo en términos reales como la variable de ingreso (escala) se encuentran en logaritmos, por lo que el coeficiente asociado con la variable *LPIB* se puede interpretar como una elasticidad.

44 Implementamos un ejercicio con la misma metodología, el mismo período y las mismas variables de control, pero tanto el efectivo como el PIB lo incluimos en términos per cápita, como una forma de controlar por fenómenos poblacionales dentro de la estimación. Los resultados (disponibles para el lector interesado) no cambian drásticamente con respecto a los aquí encontrados, por lo que decidimos mantener los presentados en el Cuadro 3.

Por su parte, la hipótesis de la relevancia de la economía informal se confirma, ya que encontramos que al incrementarse el porcentaje de asalariados por debajo del salario mínimo (BM), aumenta la demanda de efectivo. Asimismo, otras actividades de la economía subterránea, como el narcotráfico (LVCO), elevan su demanda. No obstante, en términos de elasticidades⁴⁵, el impacto de una variación del 1% en la informalidad laboral (BM) o en las actividades asociadas con el narcotráfico (LVCO) es cinco y diez veces menor, respectivamente, al que tiene la actividad económica (*LPIB*).

Por último, destacamos el componente tendencial, el cual indica crecimientos de un 7% en la demanda de efectivo no asociados con la demanda transaccional de bienes y servicios finales o con las variables incluidas como aproximaciones a la economía subterránea, resultado que coincide con la evidencia internacional.

En cuanto a las variables que recogen efectos de corto plazo, es decir, variaciones en la demanda de efectivo no capturadas por los factores estructurales consignados en el Cuadro 3, concluimos que, en primer lugar, la variable dicótoma que captura el efecto que tuvo la crisis de finales del siglo XX en Colombia redujo las tenencias de efectivo⁴⁶. Por su parte, las variables que capturan la incidencia del GMF sobre el efectivo muestran que el impacto relevante sucede al introducir el impuesto. Los sucesivos incrementos en la tarifa no generan impactos estadísticamente significativos sobre las tenencias de efectivo. Estos resultados sugieren que la entrada en vigencia del GMF indujo a los agentes a adoptar estrategias de uso intensivo del efectivo, las cuales no se ven modificadas con aumentos ulteriores en la tarifa del impuesto (Cuadro 4).

En resumen, los resultados indican que los factores tradicionales asociados con la dinámica de largo plazo en el volumen de transacciones y variables que capturan el costo de oportunidad de tener dinero son determinantes válidos y vigentes de las tenencias de efectivo en Colombia. A ellos se les suman las innovaciones transaccionales de la industria financiera. Por su parte, la dinámica de la economía informal e ilegal, aunque significativa, tienen un impacto relativamente bajo sobre la demanda de efectivo. Asimismo, destacamos la persistencia de una tendencia creciente en la demanda de efectivo que no responde a factores transaccionales o de costos de oportunidad y que proba-

45 La elasticidad mide el cambio porcentual en el efectivo real asociado con un cambio porcentual en alguna de las variables en la relación de cointegración de largo plazo.

46 La variable de infraestructura de cajeros resultó estadísticamente no significativa (a ninguno de los niveles de significancia usuales). Este resultado, en parte, se debe a que nuestra variable de innovaciones bancarias recoge parcialmente los efectos que el desarrollo de la red de ATM tuvo sobre la demanda de efectivo en el período muestral mediante la relación de cointegración de largo plazo.

blemente se asocia más a sus características únicas como activo líquido, por su anonimidad y bajo riesgo, y por ser emitido por el banco central. Con respecto al GMF, su mayor impacto sobre el efectivo se experimentó en su implementación, y sucesivos incrementos en la tarifa no parecen generar fuertes efectos sobre la demanda de billetes y monedas. No obstante, futuros trabajos podrían incorporar posibles efectos no lineales, o cambios estructurales que el GMF podría imprimir sobre la demanda de efectivo en la economía.

Cuadro 3 Determinantes de largo plazo del logaritmo del efectivo en términos reales

La demanda de efectivo aumenta, como es de esperarse, con incrementos en la actividad económica, menores costos de oportunidad de poseer efectivo y, en menor medida, las variables asociadas con la economía subterránea. No obstante, persiste una tendencia creciente en la demanda de efectivo como depósito de valor.

Variable endógena: logaritmo del efectivo real	
Logaritmo del PIB (LPIB)	1,06*** (0,041)
Tasa de interés (DTF)	-0,18 (0,16)
Tasa de inflación (DIPC)	-0,88*** (0,104)
Indicador de desarrollo tecnológico en pagos (LIAC)	-2,02*** (0,05)
Logaritmo del área cultivada de coca (LVCO)	0,10*** (0,010)
Porcentaje de asalariados por debajo del salario mínimo (BM)	0,01*** (0,001)
Tendencia	0,07*** (0,003)

Nota: errores estándar entre paréntesis. *** valor $p < 0,01$.
Fuente: cálculos de los autores.

2.2 Un acercamiento a la relación entre el efectivo y los cuasidineros en Colombia

Como un análisis complementario al de la sección anterior, analizamos el comportamiento del efectivo en un contexto de diferentes medios de pago sustitutos entre ellos. Esta es una aproximación a un análisis que sería más directo sobre el uso del efectivo en los pagos de bajo valor frente al de instrumentos de pagos electrónicos alternativos. No obstante, las metodologías para estimar el volumen y el valor de los pagos en efectivo, ya que no son directamente observables, tienen varias limitaciones para aplicarlas al caso colombiano (Martínez-Ventura, 2013).

Cuadro 4 Efectos de corto plazo en la demanda por efectivo

La crisis de finales del siglo XX y la entrada en vigencia del GMF afectaron la demanda de efectivo en Colombia. Se destaca el hallazgo de que el impacto del GMF se dio principalmente en la primera fase de su implementación en 1999, sin efectos posteriores ante los incrementos en la tarifa del impuesto sobre las tenencias de efectivo.

Estadística	Crisis fin de siglo XX ^{a/}	2*1000	3*1000	4*1000	Cajeros
Coefficiente	-0,077**	39,154**	-1,813	-0,159	0,007
Error estándar	(0,047)	(18,812)	(14,275)	(7,205)	(0,005)

a/ Corresponde a una variable dicotoma que toma el valor de 1 en el año 1998 y 0 en los demás años. Errores estándar entre paréntesis. ** valor $p < 0,05$.
Fuente: cálculo de los autores.

Modelamos la demanda de efectivo en circulación en relación con las cuentas de depósito, estas últimas como indicadores de la demanda de medios de pago sustitutos cercanos al efectivo (o cuasidineros)⁴⁷ en el cubrimiento de las necesidades transaccionales de los agentes. Estudiamos cuáles podrían ser los factores que estimulan o desestimulan el uso de efectivo relativo a sus sustitutos cercanos. En efecto, esta pregunta ha estado presente en las discusiones de política pública sobre hasta cuánto se puede reducir la dependencia al efectivo con el fin de que dichos fondos puedan ser canalizados por el sistema financiero y se pueda lograr un mayor uso de las tecnologías asociadas a los pagos electrónicos (Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018).

Una forma de medir la dependencia al efectivo es la relación efectivo en circulación a M2⁴⁸, conocida comúnmente como el “uso de efectivo” (EF/M2) — Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 y Asobancaria (2017)—. Este indicador para Colombia se encuentra por debajo del promedio de algunos países en desarrollo seleccionados (Gráfico 12)⁴⁹. Específicamente, Colombia presenta niveles ligeramente superiores a los exhibidos por Brasil, China, Sudáfrica, México y Chile, inferiores a los de Perú, y mucho menores a los calculados para Rusia, Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay. Nótese que Colombia comparte la tendencia

47 Formalmente, los cuasidineros son parte de la definición del agregado M2 y están constituidos por los depósitos de ahorro y los certificados de depósito a término. En este artículo nos referimos a los cuasidineros como aquellos medios de pago más líquidos sustitutos del efectivo; en ese sentido, consideramos solo los depósitos de ahorro y las cuentas corrientes.

48 M2 se define como la suma de efectivo, cuentas corrientes, cuentas de ahorro, y certificados de depósito a término.

49 Los países seleccionados son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, China, Colombia, México, Paraguay, Perú, Rusia, Sudáfrica y Uruguay.

decreciente del promedio de los últimos años de estas economías, siendo esta tendencia más marcada a medida que aumenta el “uso del efectivo” en las economías.

Nuestra estrategia de análisis parte del cociente entre el efectivo en circulación y las cuentas de depósito (ahorro y corrientes) (EF/CD) (Gráfico 13). La motivación para excluir otros cuasidineros menos líquidos, como los (CDT), es indagar el carácter sustituto entre el efectivo y los medios de pago más aptos para ser utilizados mediante instrumentos y canales de pago electrónicos a la hora de facilitar las transacciones de bienes y servicios en la economía⁵⁰.

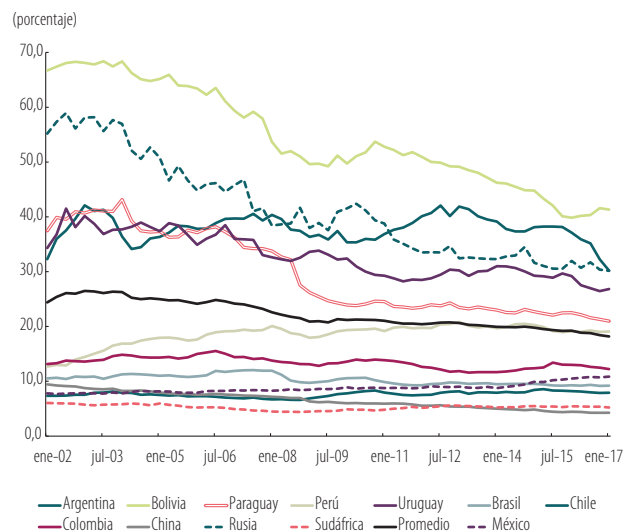
Es importante mencionar, sin embargo, dos cambios relevantes: el primero es el uso del porcentaje de trabajadores por cuenta propia (CP) como la variable *proxy* de informalidad, en lugar del porcentaje de trabajadores por debajo del salario mínimo, con el fin de caracterizar individuos cuya situación laboral puede ser informal, pero que pueden tener mayor acceso a medios de pago alternativos al efectivo. La segunda modificación es la utilización del logaritmo del ingreso per cápita (*LYpc*) como variable de medida de la demanda transaccional o variable de escala (efecto ingreso) en vez del PIB total, para identificar los cambios en las preferencias promedio de los agentes en la relación de efectivo a depósitos a medida que aumentan sus ingresos.

En la interpretación de los resultados consignados en el Cuadro 5 nos vamos a apoyar, a su vez, en los resultados del Cuadro 3. Lo haremos en los siguientes términos: dado que ya conocemos cuál es la relación entre cada una de las variables y el efectivo en términos reales (Cuadro 3), vamos a utilizar ese conocimiento para inferir qué pasa con las cuentas de depósito a partir de la relación que dichas variables tienen con la razón $\frac{EF}{CD}$. Con base en este razonamiento encontramos, en primer lugar, que cuando nuestra variable de escala se incrementa (*LYpc*), la relación $\frac{EF}{CD}$ cae. Ello se traduce en una subida menos que proporcional del efectivo con respecto a las cuentas de depósito, lo que implica que los otros medios de pago son más elásticos al ingreso que el efectivo.

En segundo lugar, la DTF presenta una relación positiva con la razón $\frac{EF}{CD}$, manteniendo todo lo demás constante. Ello significa que mayores costos de oportunidad, representados por la DTF, reducen en menor medida el efectivo

Gráfico 12
“Uso del efectivo” para algunos países en desarrollo

Mirando a Colombia en un contexto de varios países en desarrollo, sus niveles de uso de efectivo son relativamente bajos, inclusive inferiores al del promedio.

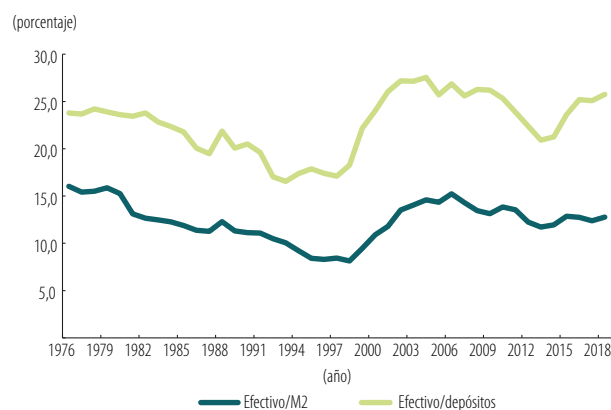


Nota: el “uso de efectivo” se calcula como el cociente entre el efectivo y el agregado monetario definido como M2. Ambas series, para todos los casos, se encuentran desestacionalizadas. La línea negra corresponde al promedio simple de los países en desarrollo seleccionados.

Fuente: FMI; cálculos de los autores.

Gráfico 13
Demanda de efectivo versus medios de pagos sustitutos en Colombia, 1976-2018

La tendencia decreciente que exhibían ambos indicadores se revirtió a comienzos de la década de los dos mil. En la actualidad, ambos exhiben niveles superiores a los observados en la década de los noventa.



Nota: la línea punteada corresponde al cociente entre el efectivo y la suma de efectivo, cuentas corrientes, depósitos de ahorro y certificados de depósito a término (M2). La línea continua recoge el cociente entre el efectivo y la suma de efectivo, cuentas corrientes y depósitos de ahorro.

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

50 La metodología de estimación, las variables que usamos como determinantes estructurales de dicha razón y las variables que definimos como determinantes de corto plazo, así como su frecuencia y periodicidad, son las mismas que las usadas en la estimación de la demanda de efectivo en términos reales (Cuadro 3).

que las cuentas de depósito⁵¹. Este resultado es consistente con la no significancia estadística de esta variable en la ecuación de solo efectivo y con la intuición de que los agentes son más elásticos frente a los retornos de los sustitutos cercanos de sus cuentas de depósito a la vista, como es el caso de la DTF asociada con los CDT. Algo similar ocurre detrás de la relación positiva entre la inflación (DIPC) y la razón $\frac{EF}{CD}$.

En tercer lugar, cuando el indicador de innovaciones en pagos (LIAC) aumenta, $\frac{EF}{CD}$ disminuye, lo que se traduce en que los avances tecnológicos del sector financiero generan un desestímulo al uso del efectivo con respecto a la demanda de los cuasidineros.

Finalmente, aumentos en la proporción de empleados por cuenta propia (CP), nuestra variable que captura informalidad, generan incrementos en $\frac{EF}{CD}$. Esto implica una subida más que proporcional de la demanda de efectivo con respecto a las cuentas de depósito. Este resultado es acorde con la idea de que el sector informal es intensivo en el uso de efectivo, como hemos discutido previamente. Obtenemos el mismo resultado cuando analizamos el efecto del indicador de la economía ilegal (LVCO) sobre $\frac{EF}{CD}$; no obstante su impacto, en términos de elasticidades es quince veces menor al del ingreso per cápita (*LYpc*).

Dentro de las posibles limitaciones de los modelos aquí presentados conviene anotar que en la literatura sobre demanda de dinero se plantea una importante controversia sobre la estabilidad de las estimaciones basadas en agregados monetarios. Algunos autores sugieren que, en la medida en que se tengan datos desagregados de medios de pago, es preferible usar esta información por dos razones principales —véase, por ejemplo Mulligan y Sala-I-Martin (1992); Shen *et al.* (2005), Fujiki (1999) y Nagayasu (2012)—: primero, arrancar con datos agregados para estimar una demanda de dinero como la aquí presentada

51 Para que la DTF sea un costo de oportunidad válido de las cuentas de depósito, esta debe estar poco correlacionada con la tasa de interés de dichos depósitos. Demostrar este punto está más allá de los alcances del artículo. No obstante, nuestros hallazgos muestran que el uso de la DTF es adecuado. En primer lugar, las estimaciones del Recuadro 1 muestran que aumentos en la DTF reducen la demanda por cuentas corrientes y de ahorro. Este efecto es el esperado, ya que la DTF representa la remuneración que pagan las entidades financieras para inducir la demanda de activos menos líquidos (CDT). En segundo lugar, hasta 1999 los establecimientos de crédito usaron la corrección monetaria para remunerar sus productos de ahorro. Dicha corrección monetaria reconocía la pérdida del poder adquisitivo de los fondos a la vista por efecto de la inflación, con algunas variaciones en la metodología de cálculo entre 1972 y 1999, cuando esta se eliminó (véase: http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/met_calculo_UPAC.pdf, consultado el 25 de julio de 2019). Por otra parte, Gómez-González *et al.* (2016) encuentran que cambios en la tasa de política se transmiten en una baja proporción a las tasas de interés de los ahorros con respecto al efecto en la DTF (de hecho, la transmisión a la DTF es 2,3 veces mayor que para las tasa de interés de depósitos de ahorro a la vista para la muestra).

Cuadro 5 Determinantes de largo plazo de la razón efectivo a depósitos

La razón de efectivo a depósitos, como medios de pago sustitutos, decrece con el ingreso per cápita, pero aumenta con variables asociadas a las economías informal e ilegal. Aunque su impacto es mucho menor que el del ingreso per cápita.

Variable endógena: logaritmo de la razón efectivo a depósitos	
Logaritmo del ingreso per cápita PIB (LYpc)	-0,93*** (0,09)
Tasa de interés (DTF)	0,16*** (0,07)
Tasa de inflación (DIPC)	0,36*** (0,03)
Indicador de desarrollo tecnológico en pagos (LIAC)	-0,16*** (0,03)
Logaritmo del área cultivada de coca (LVCO)	0,06*** (0,008)
Porcentaje de empleados por cuenta propia (PC)	0,01*** (0,001)
Tendencia	0,02*** (0,003)

Nota: errores estándar entre paréntesis. *** valor $p < 0,01$.
Fuente: cálculos de los autores.

generaría sesgos, al suponer que el logaritmo de la suma de la cantidad de efectivo y cuentas de depósitos demandados en las regiones es igual a la suma de los logaritmos de estas magnitudes. Segundo, utilizar técnicas que involucran datos de panel permite lidiar con potenciales problemas de variable omitida, al explotar la información disponible tanto en su dimensión temporal como en su dimensión regional⁵².

Con el fin de motivar una futura exploración de la demanda de medios de pago con datos desagregados y considerar la posible heterogeneidad que puede darse por las disparidades económicas regionales, en el Recuadro 1 presentamos estimaciones comparadas de la demanda de distintos agregados de los medios de pago más líquidos, distintos del efectivo, usando datos desagregados por municipio. Este ejercicio lo hacemos con datos en frecuencia trimestral para el período 2005-2017. A manera de resumen, encontramos que, al considerar dicha heterogeneidad, los parámetros clásicos asociados con el ingreso y el costo de oportunidad muestran dimensiones alternativas a las que se capturan mediante el uso de datos agregados. Infortunadamente no disponemos de datos de panel en el nivel municipal para el período más largo considerado en esta sección (1976-2017) y, por tanto, no podemos hacer una

52 Véase, por ejemplo, Wooldridge (2002) y Baltagi (2005) para mayores detalles con respecto al uso de datos de panel.

comparación más directa entre los resultados presentados aquí y los estimados en el Recuadro 1.

En suma, al analizar el efectivo con respecto a otros medios de pago sustitutos, como los cuasidineros, encontramos una menor elasticidad relativa del efectivo tanto a cambios en el ingreso como en los costos de oportunidad de los agentes. En consecuencia, es de esperarse que se continúe dando una mayor intermediación de los fondos líquidos de los individuos a medida que aumenta el grado de desarrollo de la economía colombiana. Asimismo, deducimos que la reducción en las tasas de interés desde comienzos de siglo ha contribuido a esta mayor intermediación, al disminuir los costos de oportunidad de tener cuentas transaccionales, las cuales se vieron favorecidas también por los avances tecnológicos en pagos electrónicos. No obstante, y coincidiendo con la evidencia internacional, la reducción en las tenencias de efectivo, en favor de medios de pago electrónicos, se ve inhibida por su uso en la economía subterránea y su demanda creciente como depósito de valor.

2.3 La demanda de efectivo y la economía subterránea

Dada la evidencia presentada sobre cómo incide la economía informal y las actividades ilegales en la demanda de distintos medios de pago, en esta sección ahondamos en la relación entre la economía subterránea y la demanda de efectivo. En particular, investigamos qué tanto de la demanda creciente del efectivo no explicada por los factores tradicionales y tecnológicos puede ser el resultado de la dinámica de la economía subterránea vista de una manera más amplia.

Para nuestros propósitos, la economía subterránea incluye las actividades económicas que eluden a las autoridades estatales por motivos pecuniarios, regulatorios o institucionales. Entre los pecuniarios destacamos los asociados con la evasión del código tributario y laboral; entre los regulatorios, las sobrecargas burocráticas o barreras regulatorias al ejercicio de ciertas actividades, y entre los institucionales, los alusivos al aprovechamiento ilícito de entidades públicas débiles o corruptas (Schneider y Medina, 2017).

Una de las limitaciones de los modelos presentados sobre la demanda de efectivo es el uso de medidas parciales o aproximaciones de la economía subterránea, ya que esta no es observable. Para acercarnos a la relación entre la economía subterránea y la demanda de efectivo de manera más sistemática, usamos la metodología Mimic: *multiple indicators and multiple causes*, la cual se basa en múltiples indicadores y múltiples causas observables para identificar

el comportamiento de la economía subterránea como variable latente o no observada (Watson y Engle, 1980; Schneider y Medina, 2017). Los indicadores son variables observables que tienden a moverse a la par con la economía subterránea. Una de estas variables es la demanda de efectivo en circulación, la cual es la más usada en la literatura.

Entre las causas, destacamos aquellas que afectan tanto las ganancias de participar en la economía subterránea como las posibles pérdidas en caso de que los agentes sean detectados eludiendo la ley. Entre estas se encuentran los cambios en los marcos regulatorios, por ejemplo, en el estatuto tributario o en las normas laborales; el mejoramiento de la institucionalidad para detectar la evasión de la regulación económica, y cambios en actividades criminales.

Para identificar la dinámica de la economía subterránea, la metodología Mimic usa un sistema de ecuaciones que, por un lado, relacionan a esta con sus indicadores observables y, por otro lado, la expresan como determinada por las causas observables. En nuestro caso, usamos una representación estado-espacio y técnicas de filtro de Kalman como aproximación a la metodología Mimic para permitir una modelación más flexible de las relaciones entre variables observables y no observables⁵³ (Anexo 4).

Nuestro indicador de la dinámica de la economía subterránea es la variación del efectivo no explicada por las variables tradicionales de la demanda de dinero. Para tales efectos especificamos una ecuación del efectivo EFR_t de la forma:

$$\ln(EFR_t) = f(X_t, ES_t, \theta_{ef}) + \epsilon_t, \quad (3)$$

donde la demanda de efectivo, $\ln(EFR)_t$ es una función lineal del conjunto de variables tradicionales ya mencionadas en secciones precedentes; X_t , como la economía formal, aproximada por el valor agregado de la industria manufacturera; los costos de oportunidad representados por la tasas de interés DTF e inflación; el desarrollo de las redes de ATM; el gravamen a los movimientos financieros (GMF) y el índice de avance tecnológico (LIAC). Lo que diferencia a la ecuación (3) de una estimación estándar de demanda de dinero es la relación también lineal del efectivo con la economía subterránea, ES_t , la cual no es observable⁵⁴.

Por su parte, la ecuación que representa la dinámica de la economía subterránea, como variable latente o no obser-

53 En la especificación del modelo en forma estado-espacio revisamos el trabajo de (Arango-Arango *et al.*, 2006) donde se explica en detalle la metodología Mimic.

54 θ_{ef} es el vector de parámetros a estimar en la ecuación de efectivo y ϵ_t es una perturbación aleatoria independiente e idénticamente distribuida en el tiempo.

vable, ES_t , la definimos como un proceso autorregresivo, ampliado por la relación que puede tener ES_t con la economía formal $Y_{f,t}$ junto con factores que son causales (en el sentido de la metodología Mimic) de la economía subterránea, Z_t , tales como los asociados con la estructura tributaria, costos laborales, capacidad de control del Estado, y actividad delictiva medida por el área cultivada de coca⁵⁵:

$$ES_t = g(ES_{t-1}, Y_{f,t-1}, Z_t, \theta_{es}) + \eta_t \quad (4)$$

Los valores estimados del conjunto de parámetros θ_{ef} y θ_{es} para la muestra anual de variables 1976-2016 se encuentran en el Cuadro A6.1 del Anexo 6, y el detalle de las variables usadas en el Anexo 7.

En nuestras estimaciones, los parámetros asociados con el efectivo θ_{ef} en la ecuación (3) tienen los signos esperados: la actividad de la economía formal, medida por el valor agregado de la industria manufacturera, presenta un efecto positivo, con una elasticidad cercana a 1 y los mayores costos de oportunidad del efectivo y las innovaciones en la infraestructura de pagos tienen la relación negativa esperada. Por su parte, el desarrollo de las redes de ATM reduce la demanda de efectivo. Finalmente, el indicador de economía subterránea, que se desprende de la ecuación (4), presenta un efecto positivo y significativo sobre la demanda de efectivo, así como el GMF.

El Gráfico 14 muestra la descomposición histórica de la ecuación de efectivo en términos de los factores que mantuvieron la demanda de efectivo por debajo o por encima de su promedio histórico. Destacamos el efecto marcado que tiene la actividad económica formal, con relación a la magnitud que muestran los demás factores. Le siguen, en orden de importancia, los efectos de costo de oportunidad que especialmente en los años posteriores al año 2000 empujan considerablemente la demanda de efectivo por arriba de su promedio.

La economía subterránea, por su parte, presenta un efecto moderado sobre la demanda de efectivo, aun inferior a la contribución de los cambios en los costos de oportunidad del efectivo (inflación y DTF). Sus mayores contribuciones ocurren al comienzo del período muestral cuando esta pasa aceleradamente de valores bajos a valores altos a finales de los años setenta y comienzos de los ochenta, coincidiendo con el rápido desarrollo de las actividades del narcotráfico y, en los años más recientes, en parte por el recrudescimiento en las actividades asociadas con la producción de coca (véase el Anexo 4).

Nuestra especificación Mimic logra capturar en buena medida la dinámica del efectivo y evidencia cómo la economía subterránea, vista de una manera más amplia, ayuda a capturar la tendencia creciente en la demanda de efectivo no explicada por las variables tradicionales, como los costos de oportunidad y la actividad económica formal. No obstante, a partir de 2010 el modelo subestima de manera persistente la demanda de efectivo. Esta brecha es recogida por la variable T2010 en el Gráfico 14, la cual no es nada despreciable, al contribuir a la demanda de efectivo en magnitudes similares a las de la actividad económica formal en algunos de estos años⁵⁶.

En síntesis, la sección 2 presenta un conjunto de modelos empíricos que estudian distintos ángulos de la demanda de efectivo en Colombia. Los modelos son complementarios y no necesariamente comparables debido a que enfatizan aspectos distintos de los datos. Nuestros resultados muestran cómo, en el caso colombiano, se ratifica que los factores tradicionales, tales como la dinámica de la actividad económica, los costos de oportunidad y los avances tecnológicos, son determinantes significativos de la demanda de efectivo. Asimismo, confirmamos los hallazgos presentados en el ámbito internacional en el sentido de que un factor decisivo en la transición hacia una economía con mayor uso de instrumentos de pago electrónicos es el logro de mayores ingresos per cápita. Una contribución importante de nuestro trabajo es el haber identificado cómo el crecimiento en el ingreso per cápita, los desarrollos tecnológicos y la reducción en la inflación y las tasas de interés en los últimos quince años han hecho que aumente la demanda relativa de cuasidineros frente al efectivo en Colombia. No obstante, estos efectos se ven en parte contrarrestados por tendencias crecientes en la demanda de efectivo, similares a las de otras economías, provocadas por la economía subterránea y otros factores asociados con su demanda como depósito de valor.

3. Determinantes de la adopción, uso y aceptación de tarjetas de pago en Colombia y efectos de red

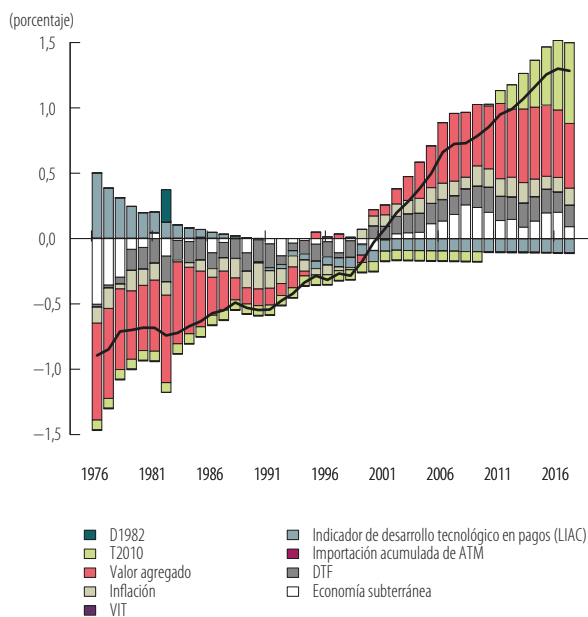
La evidencia mostrada sobre las tendencias, tanto en el contexto internacional como en Colombia, de que la demanda por servicios de pagos electrónicos aumenta a medida que las economías se desarrollan y sus sistemas de pago electrónicos se consolidan, nos lleva a preguntarnos sobre la situación actual de los pagos electrónicos en Colombia. Aunque el acceso y uso de los SPBV electrónicos ha venido creciendo en los últimos diez años de manera significativa con ritmos del 11,6% para el volumen de pagos con tarjetas débito y crédito y del 11,4% para las transferencias bancarias

55 θ_{es} es el vector de parámetros a estimar en la ecuación de la economía subterránea y η_t es una perturbación aleatoria independiente e idénticamente distribuida en el tiempo.

56 Dicha variable está construida como una tendencia quebrada con valores de cero hasta 2009 y valores de tendencia a partir de 2010 (véase el anexo 6 para una discusión detallada de este punto).

Gráfico 14 Descomposición de factores asociados con el efectivo alrededor de la media

La dinámica de la demanda de efectivo ha estado históricamente dominada por la actividad económica y los costos de oportunidad. La economía subterránea ha tenido un papel limitado.



Nota: en este gráfico presentamos los resultados de lo que se conoce como descomposición histórica de choques para el efectivo real. Esta técnica (Anexo 6) cuantifica el efecto de cada variable explicativa sobre la demanda real de efectivo (en logaritmos). Así, si una barra tiene un valor positivo en un determinado año, esto indica que la respectiva variable tuvo un efecto que incidió para que el efectivo tomara valores más altos como porcentaje de su promedio histórico y, por analogía, si la barra presenta un valor menor a cero significa presiones a la baja en el efectivo. Las variables D1982 y T2010 se incluyen para lograr un modelo estado-espacio estadísticamente adecuado (Anexo 6).

Fuente: cálculos de los autores.

a través de la ACH Cenit y ACH Colombia, aún estamos lejos de los estándares internacionales. En términos per cápita Colombia solo hace doce pagos al año, comparados con 27 en México, 135 en Brasil y 53 en Turquía. Por su parte, la red de datáfonos en Colombia apenas alcanza los 657,7 por 100.000 habitantes, frente a Chile con 1.138 y Turquía con 2.741⁵⁷. La baja aceptación y uso de los instrumentos de pago electrónicos contrasta con el importante crecimiento en términos de acceso a cuentas transaccionales con el sistema financiero, que según Banca de las Oportunidades (2019) alcanzó un 78% en 2018.

Para entender los factores que mantienen a Colombia rezagada en la adopción y uso de pagos electrónicos, en esta sección nos centramos en las redes de tarjetas de pago. Estas

han sido los instrumentos de pago electrónicos dominantes en el segmento de pagos hechos por las personas a los negocios, el cual representa el 85,8% del volumen total de transacciones de la economía (BTC, 2015)⁵⁸.

Según la encuesta aplicada por el Banco de la República en 2017 (Banco de la República, 2017), el 92,4% de los individuos reporta preferir el efectivo a otros instrumentos de pago, en términos de frecuencia de uso. En cambio, la preferencia por las tarjetas se sitúa en un 5,8% para las tarjetas débito y 1,3% para las tarjetas de crédito. Asimismo, aun cuando el acceso a tarjetas débito alcanza las dos terceras partes de la población adulta, estas se usan en un 84% para retirar efectivo de las redes de ATM. Esa preferencia por el efectivo tiende a acentuarse en los ingresos más bajos, siendo del 98,4% entre personas que ganan menos de un salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV), frente a un 50,6% en aquellas con ingresos por encima de los cinco SMMLV.

La hipótesis de trabajo para entender por qué los colombianos preferimos el efectivo para nuestros pagos cotidianos se basa en la economía de mercados de dos lados aplicada a los sistemas de pago. Según esta hipótesis, los niveles de adopción y uso de un sistema de pagos de bajo valor dependen de que el esquema atienda simultáneamente las necesidades distintas, pero complementarias, de consumidores y comercios, con costos de uso y acceso que compitan con sistemas de pago alternativos. En el centro de esta coordinación están las externalidades cruzadas de red (o efectos de red), por las cuales los beneficios de adoptar un instrumento de pago por parte de los consumidores aumentan a medida que un mayor número de comercios los aceptan, y viceversa (Recuadro 2).

En el caso colombiano, la baja aceptación de las tarjetas débito y crédito por parte de los comercios muestra claramente el desbalance que hay entre los dos lados del mercado. Según Arango-Arango *et al.* (2017), los consumidores colombianos reportan poder usar sus tarjetas de pago solo en un 15% de sus transacciones cotidianas.

En esta sección estudiamos empíricamente cuáles son los factores beneficio-costos que determinan que las personas accedan y usen las tarjetas débito y crédito y los factores beneficio-costos que inciden en las decisiones de los comercios de aceptar o no las tarjetas en sus negocios, e investigamos la presencia de los efectos de red. En este sentido, nuestro trabajo se centra en los factores que determinan la demanda en el mundo de las tarjetas (Recuadro 2).

58 Aunque el grueso de las operaciones con tarjetas son efectuadas entre consumidores y comercios en la adquisición de bienes y servicios, incluidos los pagos de facturas asociadas con los servicios públicos, estos instrumentos de pago son utilizados cada vez más en operaciones de los tarjetahabientes, tanto empresas como individuos, en la liquidación de obligaciones con el estado, así como para el pago de empresas a proveedores.

57 Datos calculados con base en la más reciente *Global payments survey* del Banco Mundial (2016).

Para tales efectos empleamos una encuesta a consumidores y microcomercios (menos de diez empleados) efectuada por el Banco de la República en 2016, en colaboración con Redeban, la Asociación Bancaria de Colombia y la empresa Cifras y Conceptos. La encuesta fue aplicada entre abril y junio de 2016 en las cinco ciudades principales del país⁵⁹. Una característica destacada de estas encuestas es la introducción de cuadernillos de pagos donde los consumidores urbanos registran información detallada sobre la frecuencia y valores de sus pagos típicos mensuales y los instrumentos de pago que usan para efectuarlos⁶⁰.

3.1 Acceso y uso de tarjetas de pago por el público urbano en Colombia

En esta sección investigamos los factores beneficio-costos que inciden en el acceso y uso de tarjetas débito y crédito por el lado de los consumidores en el caso colombiano. Suponemos que los individuos deciden adoptar distintos instrumentos de pago en función de la frecuencia con la que ellos esperan que los estarán usando en el futuro para efectuar sus pagos cotidianos⁶¹. Estas expectativas están determinadas, entre otras cosas, por el grado de aceptación de estos instrumentos por parte de los comercios. Esto nos permite analizar hasta dónde los efectos de red característicos de los mercados de dos lados están operando en el sistema colombiano de pagos con tarjetas (Rysman, 2007)⁶².

El modelo supone que los individuos escogen entre distintos portafolios de instrumentos de pago: solo efectivo; efectivo y tarjeta débito; efectivo y tarjeta de crédito; y efectivo, tarjeta débito y tarjeta de crédito. Para un portafolio particular de instrumentos de pago, los individuos anticipan el volumen de transacciones que harían con cada instrumento y calculan la suma de los beneficios, netos de los

costos pecuniarios y no pecuniarios transaccionales (utilidad indirecta), de los pagos que harían con los instrumentos del portafolio. De esta manera, los individuos pueden calcular los beneficios netos de los distintos portafolios.

La decisión de adoptar uno u otro portafolio de instrumentos de pago resulta, entonces, de comparar los beneficios netos esperados de cada portafolio con los costos fijos de adoptarlo (Anexo 9)⁶³.

Empleando la información recolectada en los cuestionarios y cuadernillos, como determinantes de los beneficios netos de usar un instrumento de pago en una transacción particular incorporamos tanto variables socioeconómicas como percepciones reportadas por los individuos sobre cada instrumento en términos de su facilidad de uso, habilidad para llevar control del gasto, seguridad y los costos relativos de las tarjetas débito y crédito frente al efectivo⁶⁴. Para tales efectos diferenciamos los pagos en los cuadernillos en cinco contextos: compras en grandes almacenes; en droguerías, papelerías y misceláneas; en restaurantes y cafeterías; en pagos de servicios personales y donaciones; y servicios públicos y otros pagos recurrentes. Asimismo, controlamos por atributos de cada transacción, como su valor y el grado de aceptación de los pagos electrónicos en el contexto en que ocurre.

Las variables usadas como determinantes de los costos fijos de adopción de cada instrumento de pago incluyen variables socioeconómicas y percepciones de los encuestados sobre la dificultad, pertinencia y costos de acceder a los distintos instrumentos de pago.

3.1.1 Beneficios transaccionales netos

Encontramos que las variables socioeconómicas tienen una incidencia significativa sobre los beneficios netos promedio de usar distintos instrumentos de pago. La edad hace que disminuya el beneficio esperado de usar las tarjetas débito y aumenta el de la tarjeta de crédito, sin presentar una diferenciación en los beneficios esperados del efectivo. Las distintas variables que indican el nivel de riqueza del individuo (ingreso, educación y estrato socioeconómico) aumentan significativamente los

59 El cuestionario a comercios se dirigió a los pequeños, por ser mayoría en el sector y por tener la menor propensión a aceptar instrumentos de pago electrónicos. Adicionalmente, la encuesta se aplicó en las zonas urbanas con el fin de controlar por factores de oferta, ya que en estas hay menos restricciones de acceso en términos de disponibilidad de oficinas bancarias y cajeros electrónicos, hay una buena calidad en las telecomunicaciones y una alta presencia de los operadores de pagos encargados de la afiliación de comercios a las redes de tarjetas, entre otros. Véase Arango-Arango *et al.* (2017) para una descripción detallada de las encuestas.

60 Véase Bagnall *et al.* (2016) para una discusión del uso de reportes de pagos en países desarrollados.

61 Nuestra modelación se basa en Koulayev *et al.* (2016). Nos diferenciamos de ellos en que nosotros controlamos explícitamente por el grado de aceptación de las tarjetas de pago por parte de los comercios.

62 Complementamos el trabajo de Arango-Arango *et al.* (2017) donde se estudian por separado las decisiones de adopción o tenencia de una tarjeta débito o crédito mediante modelos *probit* independientes. Aquí seguimos una modelación conjunta de la adopción o acceso a distintos instrumentos de pago y su uso.

63 Al referirnos a los beneficios netos, técnicamente aludimos a la utilidad indirecta que derivan los individuos tanto del uso de un instrumento de pago, al efectuar una transacción, como a la utilidad indirecta consolidada de cada portafolio de instrumentos de pago. La utilidad indirecta resulta de resolver el problema de optimización de un consumidor, y representa el beneficio neto de los costos o precios de acceder a un bien o servicio —véanse Marschak (1960) y Train (2009) para una discusión detallada de la derivación de los modelos que usamos en esta sección a partir de un modelo de optimización con restricciones—.

64 El Anexo 8 presenta algunas estadísticas descriptivas.

beneficios en el uso de las tarjetas de pago. En cambio, aquellas variables que limitan su riqueza, como el número de miembros del hogar y bajas horas trabajadas, tiende a reducirlos (véase el Anexo 10: Cuadro A10.2 y Gráfico A10.1).

Por su parte, en nuestras estimaciones las características de empleo del individuo determinan de manera significativa los beneficios esperados de las tarjetas frente al efectivo. Para los individuos que están empleados la utilidad indirecta es menor que para aquellos que no están ocupados. Esto debido, probablemente, a que estos últimos tienen más oportunidades de usarlas en su canasta de gasto (controlando por otros aspectos como el nivel de riqueza del individuo). También, encontramos menores beneficios netos en el uso de las tarjetas entre los individuos en estado de informalidad laboral frente a sus pares en la economía formal. Este aspecto es novedoso en la literatura empírica sobre demanda de instrumentos de pago con microdatos.

Entre los factores que afectan los beneficios netos en el uso de los instrumentos de pago en los diferentes contextos destacamos dos. El primero tiene que ver con el valor de la compra: encontramos que mayores valores de la transacción reducen el beneficio neto de usar efectivo y aumentan el de las tarjetas, en especial el de las tarjetas de crédito. El segundo tiene que ver con la probabilidad de que el instrumento sea aceptado: esta probabilidad la calculamos con base en la densidad de datáfonos disponibles para cada individuo en su zona residencial⁶⁵. Nuestros resultados muestran un efecto positivo de esta variable, en particular sobre el beneficio esperado de usar la tarjeta débito y un efecto negativo sobre el de usar efectivo. Este último efecto es de especial interés, pues evidencia el potencial que pueden tener las externalidades cruzadas en la adopción y uso de los instrumentos de pago electrónicos.

Por su parte, las percepciones sobre facilidad de uso, costos relativos de manejo de las transacciones y facilidad de control del gasto resultan significativos y con los signos esperados. En la medida en que el efectivo se percibe como inconveniente y costoso, y las tarjetas como adecuadas para el manejo del gasto, el beneficio esperado de las tarjetas aumenta.

En nuestro modelo los factores que aumentan los beneficios netos de las tarjetas en una transacción en relación

con el efectivo hacen más probable que estas formen parte del portafolio de instrumentos de pago usados por los individuos. Al respecto, calculamos el beneficio promedio estimado de cada instrumento de pago al usarlo en el punto de venta entre los individuos de la muestra, y encontramos que el efectivo es más de diez veces superior al de las tarjetas débito y crédito (Gráfico 15).

3.1.2 Costos fijos de acceso

Entre los factores significativos que reducen los costos fijos de acceso de las tarjetas frente al efectivo están las variables que reflejan mayores niveles de riqueza, como el ingreso y las horas trabajadas, el menor número de miembros del hogar y el ser formal, lo cual refleja mayores costos de oportunidad del tiempo del individuo. Asimismo, son menores entre aquellos individuos que perciben el acceso al efectivo como altamente costoso e inconveniente frente al acceso a las tarjetas débito y crédito (Anexo 10: Cuadro A10.3 y Gráfico A10.2). Finalmente, los costos fijos de acceso estimados para las tarjetas tienden a ser más bajos entre aquellos individuos que ven en la adopción de las tarjetas una puerta de entrada a otros productos financieros, como el crédito.

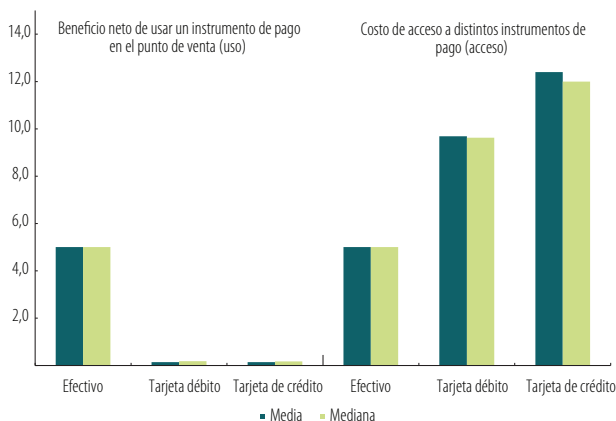
Dada la composición de la población representada en la encuesta, más concentrada en individuos con bajos niveles de riqueza y percepciones de altos costos de acceso de las tarjetas relativos al efectivo, la estimación del costo fijo de acceso para el efectivo resulta ser dos veces más bajo en promedio que los costos de las tarjetas, siendo la tarjeta de crédito la más costosa en términos de acceso (Gráfico 15).

En resumen, nuestros resultados muestran la relevancia que el perfil socioeconómico del individuo y sus percepciones sobre los beneficios y los costos de acceso y uso del efectivo y las tarjetas débito y crédito tienen sobre sus escogencias de adopción y uso de estos instrumentos. Nuestros resultados confirman, en primer lugar, que el efectivo es el instrumento con mayores beneficios netos a la hora de hacer un pago frente a las tarjetas. En segundo lugar, encontramos que el efectivo es el instrumento con menores costos de acceso para el público adulto urbano. En tercer lugar, observamos evidencia de que los efectos de red son estadísticamente significativos en los beneficios netos de la adopción de las tarjetas de pagos. Finalmente, encontramos que, a medida que aumenten los ingresos, haya una mayor formalización laboral, se reduzcan los costos relativos de acceder y usar las tarjetas de pago y se logre una mayor cobertura en términos de la aceptación de tarjetas por los comercios, se dará una transición más rápida hacia el mayor uso de los pagos electrónicos.

65 Para calcular la probabilidad de que las tarjetas sean aceptadas en los contextos en que cada individuo hace sus compras, según la encuesta, usamos información de Redeban sobre la densidad de datáfonos y su distancia alrededor de la zona residencial del individuo para cada contexto. En particular, se traza un círculo de radio constante del sector residencial del individuo y se calculan índices de densidad de datáfonos según su distancia y densidad dentro del círculo.

Gráfico 15 Beneficios en el uso y costos de acceso de distintos instrumentos de pago

Los adultos urbanos privilegian el uso del efectivo al momento de hacer sus pagos. Los costos de acceso de las tarjetas llevan a algunos a abstenerse de adquirirlas al no anticipar beneficios importantes en su uso frente a los del efectivo.



Nota: el gráfico presenta el beneficio neto promedio de usar un instrumento de pago y los costos fijos de acceder a este. La magnitud es una normalización de los valores estimados, ya que el modelo no identifica los beneficios y costos en términos monetarios. En este sentido, el gráfico representa las diferencias en órdenes de magnitud de los indicadores presentados entre instrumentos de pago (Anexo 9). Fuente: cálculos de los autores.

3.2 Aceptación de tarjetas de pago en los pequeños comercios

Los resultados precedentes son relevantes, ya que evidencian la presencia de externalidades de red que pueden crear una dinámica ascendente de acceso y uso de las tarjetas de pago. No obstante, este círculo virtuoso solo se materializa si se alivian las barreras que hoy mantienen limitada la aceptación de las tarjetas por parte de los comercios. Para entender mejor estas barreras, en esta sección presentamos de manera sucinta los resultados encontrados en Arango-Arango *et al.* (2017) sobre los determinantes de la aceptación de las tarjetas de pago por parte de los pequeños comercios y exploramos si las externalidades cruzadas también se evidencian en los comercios en el sentido de que su decisión de aceptar o no tarjetas de pago esté influenciada por la tenencia e intención de uso de estos instrumentos por parte de los consumidores.

La mayoría de las ventas minoristas en Colombia se realizan en pequeños comercios independientes. De hecho, según los cuadernillos de pago, los adultos de las zonas urbanas de Colombia en las cinco ciudades de estudio realizan alrededor de 74,4% de sus pagos en valor, y 82,1% de sus compras en número de transacciones, en este tipo de establecimientos. Sin embargo, los mismos cuadernillos

revelan una percepción de aceptación de tarjetas de pago de solo un 13% en los pequeños comercios, y del 15% considerando todos los contextos de pago⁶⁶.

Empleando la encuesta del Banco de la República, Redeban y la Asociación Bancaria de Colombia del 2016 ya mencionada, Arango-Arango *et al.* (2017) estiman un modelo de decisión sobre aceptar o no pagos electrónicos para los pequeños comercios de la muestra (Cuadro 6).

El primer factor que sobresale en las elecciones de los comercios sobre aceptar o no tarjetas de pago es el de las percepciones sobre los costos fijos en términos de instalación, cuotas mensuales y facilidad de implementación de la tecnología para la aceptación de tarjetas. Reducciones del 10,0% en las percepciones de estos costos están asociadas con un aumento del 8,8% en la proporción de comercios que aceptarían tarjetas de pago. Asociado con los costos, destacamos también el efecto negativo y significativo de las expectativas de mayores impuestos que para algunos comercios implica la aceptación de tarjetas de pago.

Otro conjunto de factores significativos en la aceptación de tarjetas de pago son los asociados con las características del capital humano del comercio, representado por el nivel educativo y las competencias financieras (como planeación y manejo contable y presupuestal). Este resultado resalta la importancia de que los procesos de adquirencia⁶⁷ de los comercios sean lo más sencillos y transparentes posibles, y cuenten con un acompañamiento adecuado con el fin de que sean accesibles a aquellos comercios con menores competencias administrativas. En este respecto, cabe mencionar el impacto negativo sobre la aceptación que se deriva de las percepciones de desconfianza en el sistema financiero, y que puede estar asociado con el desconocimiento de los comercios sobre las implicaciones de aceptar pagos electrónicos, en particular en términos de riesgo.

66 Cabe resaltar que, dadas las características técnicas de la encuesta a pequeños comerciantes, hay un posible sesgo en la proporción de establecimientos que acepta instrumentos de pagos electrónicos. Debido a que los comerciantes encuestados se encuentran ubicados en corredores comerciales, es posible que su propensión a aceptar sea mayor que aquella de los pequeños comercios dispersos en las distintas localidades de cada ciudad. En efecto, la proporción de microestablecimientos en la encuesta donde se puede pagar con tarjetas de pago, transferencias electrónicas, banca en línea, billeteras móviles o digitales es de 25,8%.

67 Por *adquirencia* entendemos los procesos de afiliación de los comercios a los sistemas de pago electrónicos. En el caso de las tarjetas, estos incluyen, entre otros, el manejo de una cuenta de depósito, la instalación de dispositivos para la aceptación de pagos con tarjetas y el manejo de las ventas con tarjetas del comercio para ser procesadas por las cámaras de compensación y liquidación. El adquirente normalmente es un banco, pero muchos de los procesos de adquirencia pueden ser ofrecidos por otros proveedores de servicios de pago.

Cuadro 6

Factores asociados con la probabilidad de que los pequeños comercios acepten pagos electrónicos

Los factores asociados negativamente con la decisión de los pequeños comercios de aceptar tarjetas de pago son los costos de operación y la expectativa de mayores impuestos. Estos contrastan con los aspectos positivos asociados con la expectativa de mayor competitividad. Los beneficios de aceptar las tarjetas aumentan con la expectativa de que sus clientes las demanden.

Variable	Aceptación de tarjetas de pago
Rasgos del comerciante	
Educación del dueño+: universitaria completa	0,064**
Competencias financieras	0,780*
Expectativas de uso de instrumentos de pago electrónicos por parte de los clientes	0,850***
Confianza en el sistema financiero	0,650**
Percepciones por la aceptación de pagos electrónicos	
Percepción de mayor competitividad por aceptar pagos electrónicos	2,750***
Percepción de mayor seguridad física en oficinas bancarias y cajeros	
Percepción acceso a otros servicios mediante productos transaccionales	0,870***
Percepciones frente a costos por la aceptación de pagos electrónicos	
Percepción de mayores impuestos por aceptar pagos electrónicos	-0,700**
Percepción de mayores costos pecuniarios por pagos electrónicos	-2,270***
Características económicas	
Tamaño+: ventas entre 2 y 10 millones	0,074***
ventas por más de 10 millones	0,200***

+ Indica que la variable es categórica.

* Estadísticamente significativo al 90% de confianza.

** Estadísticamente significativo al 95% de confianza.

*** Estadísticamente significativo al 99% de confianza.

Nota: el cuadro presenta los factores que en Arango-Arango *et al.* (2017) son significativos. Los resultados son semielasticidades para las variables continuas, multiplicadas por diez para representar un cambio del 10% en el factor. Los resultados son en diferencias en la probabilidad con respecto a la categoría base para las variables dicotómicas y categóricas. La categoría base para sector económico es "Electrónicos y electrodomésticos". La categoría base para tamaño de los comercios es "Ventas menores a 2 millones de pesos" y la categoría base para educación del dueño es "Secundaria incompleta".

Fuente: Arango-Arango *et al.* (2017).

Desde el punto de vista de los beneficios esperados por los comercios de aceptar tarjetas de pago, encontramos que las perspectivas de aumento en competitividad, en términos de potenciales ganancias en eficiencia y atracción de clientela, aumentan la probabilidad de aceptar tarjetas.

Esta probabilidad también es mayor entre aquellos comercios que perciben que el acceso a servicios financieros transaccionales, como el manejo de una cuenta bancaria, les abre las puertas a otros productos financieros, como seguros o crédito.

El tercer resultado por resaltar es la evidencia de externalidades cruzadas de red del lado de los comercios. En efecto, la probabilidad de aceptación es más alta entre los comercios con altas expectativas de que sus clientes demanden estos instrumentos de pago en sus compras.

Por último, destacamos los factores asociados con la naturaleza de cada negocio. Los comercios que tienen mayor probabilidad de aceptar tarjetas de pago son, en su orden, estaciones de gasolina, negocios de venta de autopartes y aquellos dedicados a la venta de muebles y otros artículos de hogar. Evidenciamos la mayor inclinación por aceptar pagos electrónicos por parte de los establecimientos en sectores con mayores valores promedio por venta. Asimismo, el tamaño del comercio, definido por el valor de sus ventas, afecta de manera positiva y significativa la decisión de aceptar tarjetas, lo cual refleja la presencia de economías de escala.

Un aspecto que enfatizan Arango-Arango *et al.* (2017) es la relación entre informalidad⁶⁸, acceso a servicios financieros y aceptación de pagos electrónicos. Dados los requisitos que implica la aceptación de tarjetas de pago, es razonable suponer que los comercios necesitan tener cierto grado de formalización para acceder a una cuenta bancaria como parte de su afiliación a las redes de tarjetas.

Destacamos el hecho de que la probabilidad de aceptación de tarjetas entre los pequeños comercios formales solo supera en 15 puntos porcentuales (pp) a la probabilidad de aceptación entre los pequeños comercios, en general. Esto indica que, si bien la formalización de los comercios en algo incidiría en la aceptación de instrumentos de pago electrónicos como las tarjetas, esta parece ser una condición necesaria pero no suficiente para lograr una mayor cobertura en la aceptación de tarjetas. No obstante, Arango-Arango *et al.* (2017) encuentran que la probabilidad de ser formal es mayor entre los comercios que perciben que la aceptación de tarjetas de pago puede mejorar su competitividad, en términos de potenciales ganancias en eficiencia y atracción de clientela.

Lo que marca una diferencia importante en el proceso de formalización de los comercios, y que ha sido un pre-

68 Arango-Arango *et al.* (2017) definen como comercio informal a aquel que no tiene registro único tributario (RUT) o no paga seguridad social a sus empleados y que además mezcla sus finanzas personales con las del negocio. Esto, con el fin de caracterizar la informalidad como la evasión de regulaciones tributarias o laborales y tener un manejo poco robusto de las finanzas del negocio.

rrequisito para la aceptación de los pagos electrónicos, es la decisión de tener una cuenta de depósito con el sistema financiero (solo el 39,8 % de la muestra). Los factores que más inciden negativamente en esta decisión son los costos de acceso y uso de servicios financieros transaccionales, las expectativas de mayores impuestos por vincularse con el sistema financiero y, positivamente, los asociados con las expectativas de una mayor competitividad del negocio, mayor acceso a otros productos financieros como créditos o seguros y el tamaño del comercio. Todos estos, factores muy similares a los que inciden en la decisión de aceptar o no instrumentos de pago electrónicos⁶⁹.

En resumen, el estudio de Arango-Arango *et al.* (2017) revela que la baja aceptación de las tarjetas de pago en Colombia se debe a que para la mayoría de los pequeños comercios el cálculo beneficio-costado de aceptarlas resulta negativo. Es claro que los comercios identifican la aceptación de tarjetas como un factor de competitividad de su negocio y de accesibilidad a otros productos del sector financiero, y que las ventajas de aceptarlas se hacen mayores en los comercios de mayor tamaño y donde el valor promedio de la transacción tiende a ser alto. No obstante, en la decisión de no aceptarlas priman los factores de costo, de estructura impositiva, de desconfianza en el sistema financiero y de complejidad en la implementación de la aceptación de tarjetas. Finalmente, el estudio confirma que las externalidades cruzadas de red también operan por el lado de los comercios.

El análisis de los dos lados del mercado de tarjetas hecho en esta sección nos permite concluir que existe un importante potencial para que las externalidades cruzadas de red operen a favor del mayor desarrollo de los pagos con tarjetas, si se dan los incentivos en doble vía. La sección muestra clara evidencia de que son los factores beneficio-costado los que inciden en las decisiones de consumidores y comercios en la adopción de los pagos con tarjetas. Una de las posibles limitaciones de los modelos empíricos presentados es que se basan en percepciones, las cuales no necesariamente reflejan los beneficios y costos que los agentes realmente enfrentan. Futuros trabajos se beneficiarían de una mayor información sobre las diferencias en los beneficios y costos reales que enfrentan los consumidores y comercios.

4. Consideraciones finales

Las implicaciones de política que se derivan del artículo cubren varios frentes.

En primer lugar, se debe considerar que el efectivo cumple un papel importante en las economías, al ser el ins-

69 Estos resultados son consistentes con los encontrados por Forero y Rodríguez (2018) sobre la inclusión financiera de las pymes en Colombia.

trumento de pago más simple para efectuar transacciones, y que a su vez funciona como depósito de valor; es fácil de usar, inmediato en la disponibilidad de los fondos para el beneficiario de un pago y no requerir sistemas complejos de validación (Kocherlakota, 1998; Kahn *et al.*, 2005). Estos atributos han hecho que el efectivo continúe siendo demandado, y de manera creciente, en las economías desarrolladas y en desarrollo.

No obstante, la evidencia en este artículo sugiere que los bancos centrales, en particular en las economías en desarrollo, deben considerar el futuro impacto que la evolución en los sistemas de pago electrónicos tendrán sobre la demanda de efectivo y sobre la reconfiguración del ecosistema de pagos de bajo valor en sus economías. Ecosistemas más modernos, con mejoras crecientes en las telecomunicaciones y el comercio electrónico y con nuevos modelos de provisión de los servicios de pagos electrónicos (como las *fintech*)⁷⁰, con la posibilidad de masificar el acceso a estos servicios, obligan a una revisión continua del papel de los bancos centrales en su función de velar por el eficiente y seguro funcionamiento del sistema de pagos⁷¹.

Asimismo, la evidencia de una demanda creciente de efectivo en las economías, incluida la colombiana, que va más allá de los factores transaccionales, tecnológicos y de costos de oportunidad, sugiere que los agentes lo demandan como depósito de valor por sus atributos únicos: su liquidez y bajo riesgo frente a otros activos, su baja trazabilidad, y ser de curso legal⁷² y emitido por la autoridad monetaria. Entender estos motivos es de crucial importancia, por ejemplo, en las consideraciones recientes sobre qué atributos debería tener una moneda digital del banco central, si llegase a ser emitida, en términos de accesibilidad, trazabilidad y administración de riesgos (Engert y Fung, 2017; Tommaso *et al.*, 2018; Adrian, 2018).

En segundo lugar, nuestro estudio resalta la necesidad de definir políticas que fortalezcan el ecosistema de pagos electrónicos de cara a las exigencias en esta materia que

70 Se entiende por *fintech* a empresas dedicadas a la aplicación de tecnología de punta al desarrollo de servicios financieros. Uno de los sectores de mayor desarrollo *fintech* es el del ecosistema de pagos electrónicos, al ampliar, por ejemplo, la oferta de pagos móviles e integrarlos con el comercio electrónico (IADB, 2018).

71 Según el Banco Mundial (2018), las leyes estatutarias de los bancos centrales son la base del marco regulatorio de los sistemas de pago. En el caso colombiano, la Ley 31 de 1992, en su artículo 16, le otorga al Banco de la República el mandato explícito de “estudiar y adoptar las medidas [...] para regular la circulación monetaria [...] y el normal funcionamiento de los pagos internos y externos de la economía”.

72 El atributo del efectivo de ser de curso legal se refiere a su poder liberatorio ilimitado para extinguir obligaciones entre los agentes de la economía. En otras palabras, este no puede ser rechazado como medio de pago en obligaciones económicas adquiridas entre las partes.

trae un mayor desarrollo, modernización y formalización de la economía. En efecto, encontramos que a medida que aumentan los niveles de ingreso de los agentes, crece su demanda por servicios de pago electrónicos y cuasidineros. Esto debido a que hay un incremento en los pagos de mayor valor relativo, donde los sistemas de pagos electrónicos ofrecen mayor seguridad, trazabilidad, menores costos y mayor conveniencia y, en parte, porque las nuevas tecnologías cada vez se acercan más a las características del efectivo⁷³.

Por el lado de la oferta, la mayor digitalización de los pagos conduce a importantes ganancias en eficiencia y seguridad derivadas de las economías de escala y de alcance que son características de esta industria.

Asimismo, más digitalización de los pagos permite mayor trazabilidad de las transacciones de los agentes en la economía, lo que permite ampliar la oferta de servicios financieros y su cobertura, contribuyendo a la mayor inclusión financiera y a la formalización de la economía (CPMI-BIS-WB, 2015). Por su parte, el Estado gana eficiencia en su operación fiscal, en el control del lavado de activos y financiación de terrorismo y en la prestación de servicios (OCDE, 2017).

Nuestro análisis del segmento del ecosistema de pagos de bajo valor asociado con los pagos que hacen los individuos a las empresas en Colombia, el cual representa un 85,8% del volumen total de transacciones de la economía, ofrece una visión clara del terreno por recorrer en materia de pagos electrónicos. El artículo muestra cómo el bajo uso y aceptación de las tarjetas de pago, en este segmento, se debe a que la relación beneficio-costos de adoptar estos instrumentos, tanto por el lado de los consumidores como de los comercios, solo supera a la del efectivo en algunos nichos del mercado, siendo este último el preferido en más del 90% de las operaciones en este segmento.

Los resultados indican que tanto los consumidores como los comercios perciben como beneficiosa la adopción de instrumentos de pago electrónicos, tales como las tarjetas, y que esta percepción aumenta con el ingreso de los individuos, la escala de los negocios y el valor de la transacción. Entre estos beneficios destacamos las expectativas de los dos lados del mercado sobre la posibilidad de acceder a otros servicios financieros derivada de adoptar los pagos electrónicos. No obstante, factores asociados con la oferta tales como los costos de acceso, uso y aceptación de las tarjetas

de pago, así como la desconfianza de los agentes en el sistema financiero, las presumibles mayores cargas tributarias y las condiciones de informalidad de consumidores y comercios, inclinan las preferencias hacia el efectivo.

Frente a estos resultados, la política pública para el ecosistema de pagos electrónicos requiere, en primer lugar, actuar sobre las condiciones de oferta de los servicios de pago electrónicos que hacen costoso su acceso y uso para los usuarios finales. En efecto, las condiciones de acceso a los sistemas de pago de bajo valor están determinadas por la estructura de este mercado. En Colombia y en otros países la provisión de servicios de pago electrónicos se caracteriza por un alto grado de concentración y estructuras de integración vertical y horizontal en la operación de las infraestructuras de procesamiento de los pagos y los servicios de “última milla” (asociados con la relación entre los prestadores de servicios de pago y los usuarios finales) (URF, 2016; Prieto *et al.*, 2018).

Esta situación amerita revisar el marco regulatorio del ecosistema colombiano de pagos colombiano con el fin de que se garanticen adecuados estándares de competencia, interoperabilidad, acceso, protección al consumidor y manejo de riesgos.

En particular, es vital que el marco regulatorio garantice el espacio para que nuevos proveedores de servicios de pago electrónicos puedan entrar a competir con los proveedores tradicionales. En particular, destacamos las tendencias recientes en economías en desarrollo y desarrolladas de promover la entrada de emprendimientos *fintech* en el área de pagos (IADB, 2018) y el significativo avance en la adopción de sistemas de pagos inmediatos (Bech *et al.*, 2017). Estos últimos permiten a los agentes hacer operaciones a toda hora, y en tiempo real, con la disponibilidad inmediata de los fondos para el beneficiario del pago; y además, prometen ser sustitutos eficientes y de bajo costo frente al efectivo en muchos ambientes transaccionales. Cabe anotar que estos sistemas han sido o están siendo implementados en varios países por los bancos centrales (CPMI-BIS, 2016; Fisglobal, 2019).

Asimismo, el ecosistema de pagos debe integrarse de manera más estrecha con la provisión de otros servicios financieros, aprovechando la mayor trazabilidad de las operaciones, para capitalizar la demanda potencial que se deriva de las expectativas de los usuarios finales sobre las posibilidades de acceso a estos servicios a partir de la adopción de tecnologías de pago electrónicas. En efecto, nuestros resultados indican que la materialización de estas expectativas tiene una incidencia igual de marcada en las decisiones de los comercios de aceptar pagos electrónicos que la que tendría una reducción en los costos. En esta tarea será clave fortalecer el nivel y la calidad de la cobertura

73 Se destacan tecnologías tales como los pagos con tarjetas y con dispositivos móviles sin contacto, es decir, solo se requiere la aproximación del instrumento de pago a la terminal para que se efectúe el pago, acercándose a la rapidez y facilidad de uso del efectivo, así como los sistemas de pagos inmediatos que permiten la disponibilidad de los fondos al beneficiario del pago en segundos después de que el pagador haya dado la orden del pago, con una experiencia similar a la finalidad que da el efectivo.

de las redes de telecomunicaciones e internet en todo el territorio para optimizar los canales de acceso a los distintos productos financieros. Asimismo, será importante fortalecer el marco regulatorio para aprovechar el potencial del sector *fintech* en el uso de tecnologías de inteligencia artificial y el aprovechamiento del *big data* (IADB, 2018).

En segundo lugar, se requiere actuar sobre los factores que inhiben la demanda de pagos electrónicos. Entre ellos, nuestro trabajo destaca el impacto que tiene el estado de informalidad en que operan tanto consumidores como comercios. En este sentido Colombia debe continuar trabajando en la creación de incentivos para la formalización y manejar regímenes regulatorios livianos de tal manera que las mayores cargas que implica asumir las regulaciones laborales, fiscales y comerciales se compensen con los beneficios potenciales en eficiencia, competitividad e inclusión financiera del mayor uso de los sistemas de pago electrónicos.

También, destacamos el potencial que pueden tener programas de educación financiera y fortalecimiento empresarial para los pequeños comercios. Nuestros resultados indican la importancia de mejorar sus competencias financieras y administrativas, de tal manera que estén preparados para adoptar los pagos electrónicos; en especial, para que los comercios logren tener una mejor comprensión de los beneficios en términos de mejoras en su competitividad. En nuestro análisis este elemento, junto con los costos de aceptación, son los factores prioritarios en la decisión de aceptar o no pagos electrónicos. Asimismo, estos programas ayudarían a cambiar la percepción de desconfianza que revelan los comercios frente al sistema financiero.

Nuestra evidencia indica que los esfuerzos en materia de política de pagos que aquí se mencionan sobre la oferta y la demanda en el ecosistema de pagos electrónicos redundarán en el menor uso del efectivo en las transacciones y en una intermediación más eficiente de los fondos de la economía, al reducir las tenencias en efectivo relativas a los depósitos en el sistema financiero (o cuasidineros). Esto es de particular importancia para Colombia, ya que según nuestras estimaciones se encuentra en los estadios de adopción de pagos electrónicos donde estos esfuerzos tienen el potencial, en el margen⁷⁴, de disminuir la demanda de efectivo de manera significativa.

Colombia ha avanzado en varios de estos frentes y forma parte de una ola de países que han introducido reformas para fortalecer sus ecosistemas de pagos de bajo valor. Entre estas políticas están: el desarrollo de leyes marco para

la regulación del sistema de pagos (Bolivia, India, Canadá, Chile, México, Perú y Singapur), muchas enmarcadas en la promoción de la inclusión financiera; regulación de tarifas en los mercados de tarjetas de pago y transferencias bancarias (Australia, Estados Unidos, México, Unión Europea y Países bajos); incentivos a operadores de sistemas de pago y a comerciantes en la aceptación de pagos electrónicos (Uruguay); incentivos a consumidores en la apertura y uso de cuentas transaccionales (India, Colombia y Perú); obligaciones de interoperabilidad entre sistemas (Australia, Canadá, Argentina y Colombia); obligatoriedad en el pago de nómina mediante cuentas de depósito (Uruguay); desincentivos al depósito de efectivo en bancos comerciales (México y Suecia); topes a los pagos con efectivo (Argentina, México y Uruguay); límites máximos en las deducciones de gastos hechos en efectivo por parte de las empresas (Colombia y Corea del Sur); desmonetización forzada de series de billetes por parte del banco central (Suecia e India); límites en la emisión de altas denominaciones (India y Unión Europea); licenciamiento de nuevos operadores de pagos en el sector *fintech* y de entidades financieras livianas para la prestación de servicios de pago (Colombia, Brasil, India, Perú y México); exención de impuestos a transacciones de bajo valor efectuadas en los sistemas de pago electrónicos; límites a la propiedad y al gobierno corporativo de las entidades operadoras de sistemas de pago (Reino Unido); y la introducción de facturación electrónica integrada a los sistemas de recaudo y fiscalización del Estado (Colombia y Perú), entre otras medidas.

Sin embargo; la evidencia empírica, es limitada para establecer cuáles de estas estrategias son las más efectivas en lograr los objetivos de mayor eficiencia, seguridad y oferta adecuada de instrumentos de pago en las economías. Nuestros resultados sugieren que las políticas dirigidas a mejorar la relación beneficio-costos para los comercios de aceptar pagos electrónicos tendría efectos significativos en la adopción de pagos electrónicos, al promover los efectos cruzados de red entre consumidores y comercios. En este sentido, resaltaríamos las políticas que fomenten la entrada de nuevos proveedores de servicios de pago, al facilitar su interoperabilidad y acceso a infraestructuras de pago; y políticas que promuevan la formalización de los comercios con regímenes fiscales livianos. No obstante, la evaluación de estas y otras políticas es de interés para futuros trabajos de investigación.

74 La expresión en el margen hace referencia aquí al efecto parcial que tiene el desarrollo de los pagos electrónicos sobre la demanda de efectivo, suponiendo que las otras variables que la afectan se mantienen constantes.

Recuadro 1

Estimaciones regionales de demanda por cuasidineros

Estimaciones de la demanda de efectivo a nivel agregado como las que presentamos en la sección 2.1 han sido blanco de críticas, en particular, tanto por la inestabilidad de sus parámetros como por los sesgos que puedan presentarse al no incluir variables relevantes, las cuales no son fácilmente observables. Como respuesta a dichas críticas, varios autores han propuesto estimar demandas de dinero a partir de información desagregada regional y el uso de metodologías de datos de panel — Mulligan y Sala-i-Martin (1992), Fujiki (1999, 2014), Fujiki y Watanabe (2004), Fujiki y Mulligan (1996a, 1996b), Hsiao *et al.* (2005) y Shen *et al.* (2005)—.

En efecto, entre las ventajas de trabajar con esta combinación de datos y metodologías se incluye la posibilidad de controlar por el problema de variables omitidas¹, evitar problemas de agregación que pueden perjudicar las estimaciones² y controlar por la heterogeneidad que pueda existir entre regiones y que no es tenida en cuenta en los modelos agregados.

En este recuadro nos proponemos analizar qué podría decirnos la estimación de una demanda de dinero hecha con datos municipales. En particular, estimamos la función de demanda de dinero dada en la ecuación R1.1 mediante el uso de un enfoque de datos panel propuesto por Pesaran *et al.* (1999), donde m_{it} es igual a la definición de dinero en términos reales para cada municipio i , y_{it} es igual a la variable de escala (medida como el PIB) y R_{it} es igual a la tasa de interés nominal. La información se encuentra en frecuencia trimestral desde 2005 hasta 2017 y proviene del formato “Captaciones y colocaciones por municipio” solicitado a las entidades financieras por la Superintendencia Financiera de Colombia.

$$\ln(m_{it}) = b_0 + b_1 \ln(\text{PIB})_{it} + b_2 R_{it} + u_{it} \quad (\text{R1.1})$$

Es necesario aclarar que no disponemos de información del efectivo por municipio (algo común en los estudios que abordan el problema desde este enfoque). Por este motivo, las estimaciones que presentamos se realizan con datos de cuentas corrientes y depósitos de ahorro.

- 1 Véase, por ejemplo, Wooldridge (2002) y Baltagi (2005) para mayores detalles respecto al uso de datos panel.
- 2 Tradicionalmente, la ecuación de demanda de dinero para un país cualquiera parte de incluir las tenencias reales de dinero en logaritmos, con el objetivo de interpretar los parámetros a estimar como elasticidades. Sin embargo, dichas tenencias reales agregadas pueden entenderse como la suma de cada una de las tenencias reales observadas en cada municipio, ciudad o departamento. De lo anterior se concluye que tomar el logaritmo de la suma de las tenencias reales de cada municipio es igual a usar alternativamente la suma de los logaritmos de cada una de las tenencias reales municipales en la estimación. No obstante, en matemática esto no aplica, pues para un conjunto de números, la suma de los logaritmos de estos no es igual al logaritmo de su suma.

¿Qué dicen los datos desagregados?

En primer lugar, destacamos el crecimiento que han tenido los depósitos de ahorro y, en menor medida, las cuentas corrientes en todo el territorio nacional, como se aprecia en el Mapa R1.1.

En segundo lugar, nuestras estimaciones de modelos de demanda de dinero para distintos agregados con datos municipales presentan evidencia de que las cuentas corrientes son inelásticas con respecto al volumen de transacciones de la economía y no reaccionan a cambios en la tasa de interés. Cuando nos movemos al modelo de cuentas corrientes y cuentas de ahorro, la elasticidad ingreso de la demanda se incrementa, aunque sigue estando por debajo de 1; al mismo tiempo, al añadir las cuentas de ahorro, estos cuasidineros reaccionan a cambios en la tasa de interés (Cuadro R1.1).

Cuadro R1.1
Modelos regionales aplicados a los cuasidineros

Encontramos que la medida de dinero crece menos que proporcionalmente con respecto al incremento en el volumen de transacciones de la economía. Por su parte, estos agregados reaccionan de manera significativa y negativa a aumentos en la DTF. Nótese el aumento en la magnitud de los parámetros al considerar las cuentas de ahorro, lo cual refleja su doble función como activo de ahorro y transaccional.

Variables	Cuentas corrientes	Cuentas corrientes y de ahorro
Ln (PIB)	0,475 (0,025)	0,612 (0,001)
DTF	-3.977 (0,388)	-6.119 (0,001)

Nota: parámetros de largo plazo para modelos aplicados a los cuasidineros. Los valores entre paréntesis se refieren a los valores p asociados con cada uno de los coeficientes de cada modelo.
Fuente: cálculo de los autores.

En tercer lugar, al analizar la información municipal evaluamos con otra mirada la elasticidad ingreso de la demanda de dinero. En particular, en todos los casos vemos que esta es inferior a 1, por lo que existe cierta inelasticidad de los cuasidineros con respecto al volumen de transacciones de la economía.

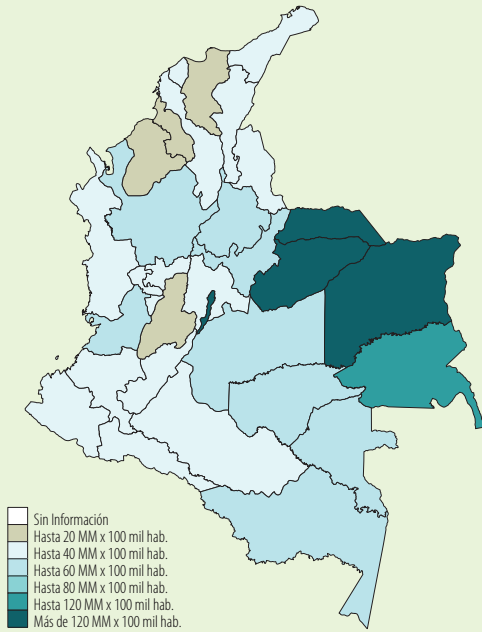
Este ejercicio, si bien con objetivos muy conservadores, abre las puertas al estudio futuro del comportamiento de la demanda de medios de pago en el ámbito regional y de los sesgos de agregación que pueden presentar los modelos agregados.

Mapa R1.1.

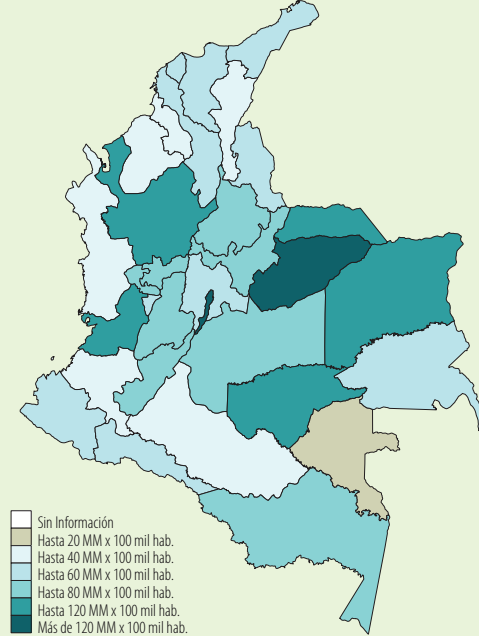
Monto de cuentas corrientes y de depósitos de ahorro por departamento para Colombia

Entre 2005 y 2017 las cuentas de ahorros se han masificado en todo el territorio nacional, mientras que las cuentas corrientes han perdido relevancia en algunos departamentos donde solían ser importantes.

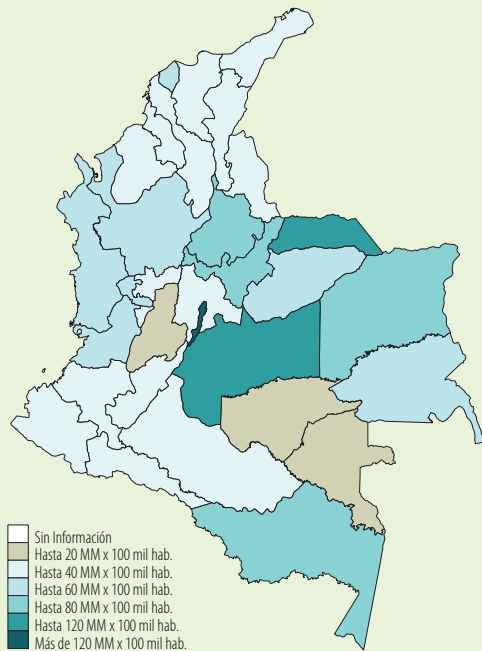
A. Cuentas corrientes en Colombia, 2005



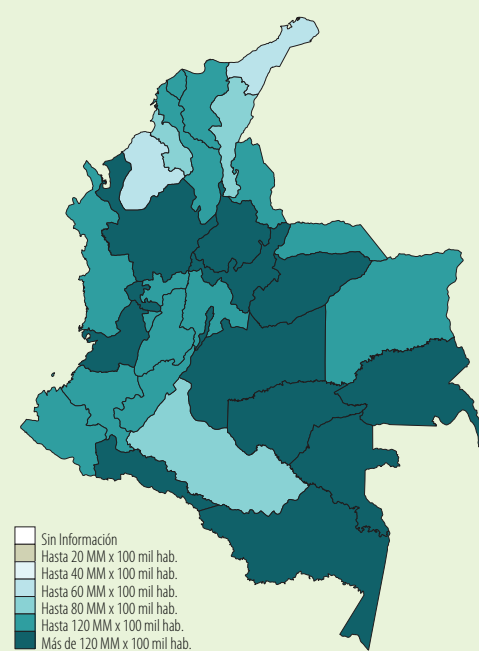
B. Cuentas corrientes en Colombia, 2017



C. Depósitos de ahorro en Colombia, 2005



D. Depósitos de ahorro en Colombia, 2017



Nota: monto de cuentas corrientes y depósitos de ahorro por departamento para Colombia, en 2005 y 2017. La información se presenta en miles de millones de pesos constantes de 2008 por cada cien mil habitantes.

Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia (Formato 322) y DANE; cálculos de los autores.

Recuadro 2

Mercados de dos lados y aplicado a las redes de tarjetas

La teoría de los mercados de dos lados ha servido para entender el desarrollo de los mercados de servicios de pago electrónicos. Los niveles de adopción y uso de estos dependen de una coordinación del operador del sistema para que confluyan las necesidades distintas, pero complementarias, de consumidores y comercios a costos de uso y acceso que compitan con los sistemas de pago alternativos. En el centro de esta coordinación están las externalidades cruzadas de red, las cuales hacen que los consumidores adopten el instrumento de pago, siempre y cuando los comercios lo acepten, y los comercios lo acepten siempre y cuando esperen que sus clientes lo vayan a demandar a la hora de hacer sus pagos. Estas externalidades surgen debido a que los beneficios de cada lado aumentan a medida que crece la adopción del otro lado del mercado.

Con el fin de resolver este problema de coordinación y aprovechar las externalidades, los operadores de las plataformas de pago maximizan sus beneficios intertemporales usando estrategias de precios para promover uno u otro lado del mercado (normalmente el lado de los consumidores con campañas publicitarias y de emisión del instrumento, y planes de incentivos). Dichas estrategias de precios pueden llevar al operador a tarifar un lado del mercado por debajo del costo marginal, con subsidios cruzados para el otro lado (usualmente con tarifas por arriba del costo marginal para el lado de los comercios), lo cual depende de las elasticidades relativas de los dos lados del mercado³. De esta manera, lo que se busca es lograr una masa crítica de usuarios y que los efectos de red aceleren la adopción y uso del sistema.

Entre los factores determinantes para la adopción y uso de sistema de pagos electrónicos por el lado de los consumidores está el análisis beneficio-costos que ellos hacen con respecto a sus necesidades transaccionales, determinadas por sus niveles de ingresos y gastos, y los costos relativos de satisfacerlas con distintos instrumentos de pago. Así, el consumidor compara los beneficios y costos transaccionales futuros con los costos fijos de adopción.

Entre los posibles beneficios están la rapidez y facilidad en el uso del sistema, la seguridad (p. e.: privacidad y protección contra robo de identidad), el acceso a fondos mediante distintos canales, la posibilidad de tener acceso a una línea de crédito, la trazabilidad de los pagos, los programas de incentivos y descuentos, y el grado de aceptación del instrumento por otros agentes. Por su parte, entre los costos se encuentran los pecuniarios y no pecuniarios de acceso (como los asociados con retiros de efectivo, los costos de abrir una cuenta financiera, el tiempo dedicado a entender los sistemas, etc.), los costos transaccionales y financieros,

los asociados con los riesgos de robo o fraude y las multas por incumplimiento de las reglas de uso del instrumento (Schreft, 2011)⁴.

Los comerciantes, por su lado, tienen en cuenta no solo las preferencias de sus clientes sino también los instrumentos de pago aceptados por sus competidores y los costos asociados con la recepción de distintos instrumentos de pago.

Entre los beneficios considerados por los comerciantes están la rapidez y seguridad para procesar una transacción, el potencial crecimiento de su negocio, trazabilidad de sus ventas y manejo de programas de fidelización. Con respecto a los posibles costos, los comerciantes enfrentan los relacionados con abrir y manejar una cuenta bancaria; los de conciliación, transporte, custodia, depósito y de oportunidad en el manejo de efectivo; los costos fijos (*software* y *hardware*) y por transacción en el procesamiento de pagos electrónicos; los costos asociados con el acceso a los fondos provenientes de sus ventas (flotante y posibilidad de reversión de una transacción versus liquidez inmediata con pagos en efectivo); mayores impuestos por la información revelada sobre sus ventas (especialmente para aquellos negocios que operan en la informalidad), y los riesgos asociados con el robo, fraude o pérdida financiera⁵.

Además de los factores que se desprenden del análisis beneficio-costos de consumidores y comerciantes, la literatura también ha hecho énfasis en barreras sociales y culturales que inhiben el acceso y uso de productos transaccionales formales. Entre ellas destacamos los bajos índices de educación financiera, la poca familiaridad con estos servicios, la falta de un diseño adecuado de los productos financieros, y la informalidad como táctica para eludir impuestos y otras regulaciones económicas (BTC, 2015; Demircug-kunt y Singer, 2017; Banco Mundial, 2013).

La teoría de dos lados ha sido ampliamente usada para estudiar los mercados de tarjetas de pago —véase Chakravorti (2008) para una revisión de esta literatura—. En este contexto, hay dos clases de sistemas de tarjetas débito y crédito: los sistemas cerrados y los sistemas abiertos.

Los sistemas de pago cerrados (como American Express en algunos países) están compuestos por tres partes: el operador del

3 Esta clase de interacción es compartida por otros mercados de dos lados como los periódicos (lectores y anunciantes), consolas de juegos y sistemas operativos de cómputo, los cuales compiten por clientes y desarrolladores, y los mercados de aseguramiento en salud con afiliados y proveedores (Bardey y Rochet, 2010; Caillaud y Jullien, 2003; Rochet y Tirole, 2006 y 2014).

4 Varios estudios internacionales han encontrado evidencia empírica sobre la relevancia de estos factores en las decisiones de pago de los consumidores (Arango-Arango *et al.*, 2015a y 2015b; Ching y Hayashi, 2010; Klee, 2008).

5 Varios autores han estudiado los elementos beneficio-costos tenidos en cuenta por los comerciantes (Bolt y Chakravorti, 2011; Brilevics y Shy, 2014; Jonker, 2011; Stavins y Shy, 2015; Arango y Taylor, 2009).

sistema⁶, los consumidores y los comerciantes. En estos sistemas, el operador ejerce las funciones de emisor del instrumento de pago y de administrador de las cuentas por el lado de los tarjetahabientes, y se encarga de los procesos de compensación y liquidación y de apertura de cuentas, adquirencia y procesamiento de las transacciones por el lado de los comercios.

Los ingresos de estas plataformas provienen del descuento que es aplicado a los comerciantes por transacción, las tarifas de membresía y uso de la red cobrados a los tarjetahabientes, los retornos financieros del flotante (en el caso de las tarjetas débito) y, en el caso de las tarjetas de crédito, los cobros de intereses y multas por incumplimiento. Los gastos están asociados con los costos fijos de montar la plataforma y con los operacionales, además de los gastos de los programas de incentivos ofrecidos a los tarjetahabientes y los costos financieros asociados con el crédito otorgado a los consumidores durante el período de gracia en el caso de las tarjetas de crédito.

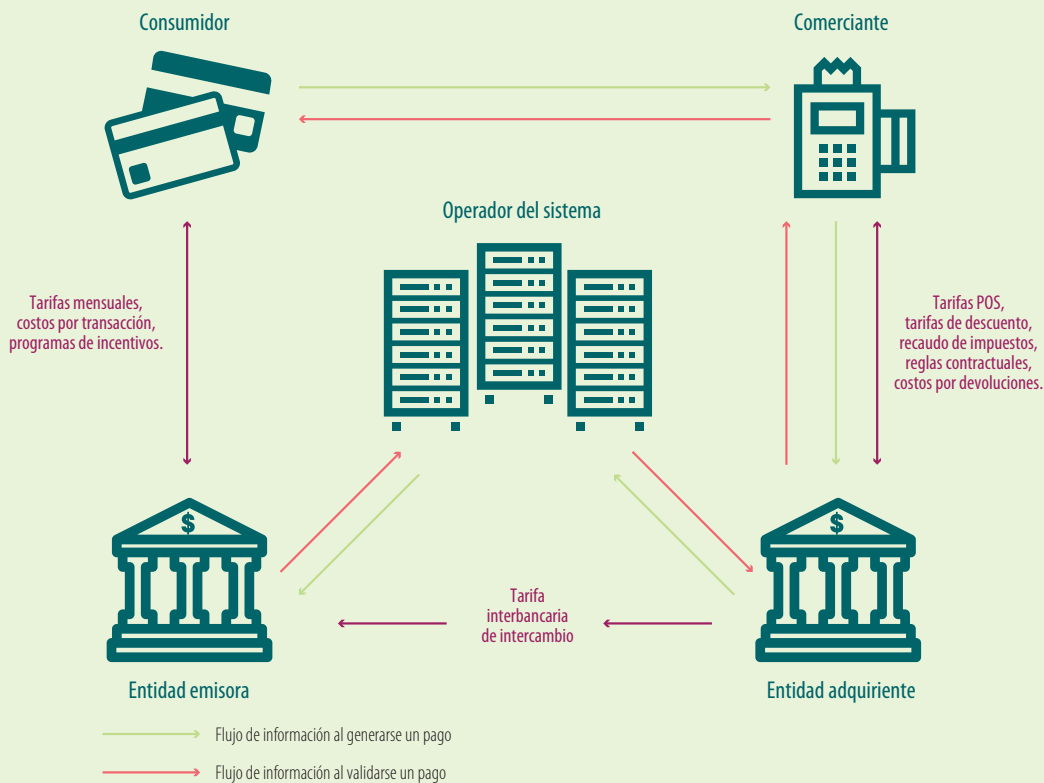
Los sistemas de pagos abiertos (como VISA o Mastercard) están compuestos por cuatro agentes: las entidades financieras emisoras de las tarjetas, los intermediarios financieros adquirentes (en-

6 Al hablar del operador del sistema estamos haciendo una simplificación, ya que los procesos de operar una red de tarjetas para garantizar el flujo de información y de fondos requeridos para completar las transacciones son complejos y usualmente están en manos de distintos agentes.

cargados de afiliar a los comercios a la plataforma), los consumidores y los comercios. Entre estos se encuentran los agentes que operan la infraestructura de conexión digital y de enrutamiento de información entre agentes para completar la transacción (Diagrama R2.1). Dado que las tareas de emisión de tarjetas y de adquirencia de los comercios están separadas, en los sistemas abiertos las entidades adquirentes obtienen sus ingresos de una tarifa de descuento aplicada a los comercios sobre el precio del bien final (usualmente *ad valorem*).

Por su parte, los emisores adquieren sus ingresos con base en tarifas fijas y variables a los tarjetahabientes, el cobro de intereses y multas por incumplimiento, en el caso de las tarjetas de crédito, y el cobro de una tarifa a las entidades adquirentes, llamada *tarifa interbancaria de intercambio* (TII) (Diagrama R2.1). Su racionalidad se basa en la idea de que es necesaria cierta clase de transferencias entre las entidades adquirentes y las entidades emisoras de tarjetas para poder brindar incentivos que induzcan la adopción y uso simultánea de los dos lados del mercado. Es por esto que las entidades adquirentes transfieren parte del cobro que hacen a los comercios a las entidades emisoras mediante la TII, con el fin de que estas cubran los costos de operación de su red de tarjetahabientes. Dicho esquema ha sido objeto de varias demandas por parte de los comerciantes e intervenciones de agencias regulatorias en el mundo, buscando limitar las TII vía precios tope y normas de mayor transparencia en la forma como estas tarifas son determinadas por las redes de tarjetas (Verdier, 2011; Weiner y Wright, 2009).

Diagrama R2.1
Sistemas de tarjetas de cuatro agentes



Fuente: adaptación de los autores de varias referencias de la literatura.

Referencias

- Adrian, T. (2018). Stablecoins, Central Bank Digital Currencies, and Cross-Border Payments: A New Look at the International Monetary System. Retrieved August 28, 2019, from <https://www.imf.org/en/News/Articles/2019/05/13/sp051419-stablecoins-central-bank-digital-currencies-and-cross-border-payments>.
- Ávila, R.; Rodríguez, J. (2018). “Estrategias nacionales de inclusión financiera: aplicación en las pymes colombianas”, en C. Tamayo y J. Malagón (eds.), *Ensayos sobre inclusión financiera en Colombia*, Bogotá: Asobancaria-BID.
- Allen, J.; Clark, R.; Houde, J. F. (2019). “Search Frictions and Market Power in Negotiated-Price Markets”, *Journal of Political Economy*, vol. 127, núm. 4, pp. 1550-1598.
- Allison, P. D. (2009). *Fixed Effects Regression Models* [en línea], disponible en: https://books.google.com/books/about/Fixed_Effects_Regression_Models.html?id=3UxaBQAAQBAJyredir_esc=y, California: Sage Publications.
- Álvarez, F.; Lippi, F. (2009). “Financial Innovation and the Transactions Demand for Cash”, *Econometrica*, Vol. 77, núm. 2 (March, 2009), 363–402.
- Amromin, G.; Chakravorti, S. (2009). “Whither Loose Change? The Diminishing Demand for Small-Denomination Currency”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 41, núms. 2-3, pp. 315-335.
- Ando, A.; Modigliani, F. (1965). “The Relative Stability of Monetary Velocity and the Investment Multiplier”, *The American Economic Review*, vol. 55, núm. 4, pp. 693-728.
- Arango-Arango, C.; Misas-Arango, M.; Hernández-Aguilera, J. (2004). “La demanda de especies monetarias en Colombia: estructura y pronóstico”, Borradores de Economía, núm. 309, Banco de la República.
- Arango-Arango, C.; Misas-Arango, M.; López-Enciso, E. (2006). “Economía subterránea en Colombia, 1976-2003: una medición a partir de la demanda de efectivo”, *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 24, núm. 50, pp. 154-211.
- Arango-Arango, C.; Taylor, V. (2008). “Merchants’ Costs of Accepting Means of Payment: Is Cash the Least Costly?”, *Bank of Canada Review*, vol. 2008-2009 (Winter), pp. 17-25.
- Arango-Arango, C., D. Hogg y A. Lee (2015a), “Why is Cash (still) so Entrenched? Insights from Canadian Shopping Diaries”, *Contemporary Economic Policy*, vol. 33, núm. 1, pp. 141-158.
- Arango-Arango, C.; Huynh, K.; Sabetti, L. (2015b). “Consumer Payment Choice: Merchant Card Acceptance versus Pricing Incentives”, *Journal of Banking y Finance*, vol. 55, 130-141, junio.
- Arango-Arango, C.; Zárate-Solano, H.; Suárez-Ariza, N. (2017). “Determinantes del acceso, uso y aceptación de pagos electrónicos en Colombia”, en C. Tamayo y J. Malagón (eds.), *Ensayos sobre inclusión financiera en Colombia*, Bogotá: Asobancaria-BID.
- Arango-Arango, C. A.; Bouhdaoui, Y.; Bounie, D.; Eschelbach, M.; Hernández, L. (2018). “Cash Remains Top-of-Wallet! International Evidence from Payment Diaries”, *Economic Modelling*, núm. 69.
- Arango-Arango, C.; Suárez-Ariza, N. (2019). “Digital Payments Adoption and the Demand for Cash: New International Evidence”, Borradores de Economía, núm. 1074, Banco de la República.
- Arango-Thomas, L. E.; González, A. (1999). “A Nonlinear Specification of Demand for Narrow Money in Colombia”, Borradores de Economía, 135, Banco de la República.
- Access to Cash Review (ATC, 2018). “Is Britain Ready to Go Cashless?” [en línea], disponible en: <https://www.accesstocash.org.uk/media/1083/interim-report-final-web.pdf>

- Asobancaria (2017). *Proyecto F: diagnóstico del uso del efectivo en Colombia* (S. Castro, ed.), Bogotá: Comunicación Gráfica y Legis S. A.
- Attanasio, O. P.; Guiso, L.; Jappelli, T. (2002). “The Demand for Money, Financial Innovation, and the Welfare Cost of Inflation: An Analysis with Household Data”, *Journal of Political Economy*, vol. 110, núm. 2, pp. 317-351
- Bagnall, J.; Bounie, D.; Huynh, K. P.; Kosse, A.; Schmidt, T.; Schuh, S. (2016). “Consumer Cash Usage: A Cross-Country Comparison with Payment Diary Survey Data”, *International Journal of Central Banking*, vol. 12, núm. 4, pp. 1-61.
- Bagnall, J.; Bounie, D.; Huynh, K. P.; Kosse, A.; Schmidt, T.; Schuh, S.; Stix, H. (2016). “Consumer cash usage: a cross-country comparison with Payment Diary Survey Data”, *International Journal of Central Banking*, diciembre.
- Baltagi, B. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Banca de las Oportunidades (2019). *Reporte de Inclusión Financiera* [en línea], disponible en: www.bancadelasoportunidades.gov.co
- Banco de la República. (2017). *Reporte de Sistemas de Pago*, Bogotá: Banco de la República.
- Banco de la República. (2019). *Reporte de Sistemas de Pago*, Bogotá: Banco de la República.
- Banco Mundial (2013). *Global Financial Development Report, 2014: Financial Inclusion*, Washington, D. C.: The World Bank.
- Banco Mundial (2015). GNI per capita, PPP (current international \$), Washington, D. C.: The World Bank.
- Banco Mundial (2018). *Payment Systems Worldwide, A Snapshot : Outcomes of the Global Payment Systems Survey, 2016 (GPSS)*, Washington, D. C.: The World Bank.
- Bardey, D.; Rochet, J. C. (2010). “Competition Among Health Plans: A Two-Sided Market Approach”, *Journal of Economics and Management Strategy*, vol 19, núm. 2.
- Bartzsch, N.; Seitz, F. (2015). “Cash Holdings in Germany and the Demand for German Banknotes: What Role for Cashless Payments?”, *Weidener Diskussionspapiere*, núm. 51, University of Applied Sciences Amberg-Weiden.
- Baumol, J. (1952). “The Transaction Demand for Cash: An Inventory-Theoretic Approach”, *Quarterly Journal of Economics*, núm. 66.
- Bech, M. L.; Hobijn, B. (2007). “Technology Diffusion within Central Banking: The Case of Real-Time Gross Settlement”, *International Journal of Central Banking*, vol. 3, núm. 3, pp. 147-181.
- Bech, M. L.; Shimizu, Y.; Wong, P. (2017). “The Quest For speed in Payments”, *BIS Quarterly Review*, marzo, Banco de Pagos Internacionales.
- Bech, M. L.; Faruqui, U.; Ougaard, F.; Picillo, C. (2018). “Payments Are A-Changin’ but Cash Still Rules”, *BIS Quarterly Review*, marzo, Banco de Pagos Internacionales.
- Bhattacharyya, D. (1999). “On the Economic Rationale of Estimating de Hidden Economy”, *The Economic Journal*, vol. 109, núm. 456.
- Bolt, W.; Chakravorti, S. (2008a). “Economics of Payment Cards: a Status Report”, *Economics Perspectives*, Banco de la Reserva Federal de Chicago, pp. 15-77.
- Bolt, W.; Chakravorti, S. (2008b). “Consumer Choice and Merchant Acceptance of Payment Media”, DNB Working Paper, núm. 193, De Nederlandsche Bank.
- Bouhdaoui, Y.; Van Hove, L. (2017). “On the Socially Optimal Density of Coin and Banknote Series: Do Production Costs Really Matter?”, *Journal of Macroeconomics*, vol. 52, issue C, pp. 252-267.
- Briglevics, T.; Shy, O. (2014). “Why Don’t Most Merchants Use Price Discounts to Steer Consumer Payment Choice?”, *Review of Industrial Organization*, 44, pp. 367-392.

- Broyden, C. G. (1970). "The Convergence of a Class of Double-Rank Minimization Algorithms: 2. The New Algorithm", *IMA Journal of Applied Mathematics*, vol. 6, issue 3, pp. 222-231, septiembre.
- Better Than Cash Alliance (2015). *Development Results. Focused Research Program. Country Diagnostic: Colombia*, BtCA, enero.
- Caillaud, B.; Jullien, B. (2003). "Chicken & Egg: Competition among Intermediation Service Providers", *The RAND Journal of Economics*, vol. 34, núm. 2, pp. 309-328.
- Chapman, J.; Chiu, J.; Jafri, S.; Pérez, H. (2015). "Public Policy Objectives and the Next Generation of CPA Systems: An Analytical Framework, Discussion Paper, 2015-6, Bank of Canada.
- Chen, H., Felt, M.-H., y Huynh, K. P. (2017). "Retail Payment Innovations and Cash Usage: Accounting for Attrition by Using Refreshment Samples", *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, vol. 180, núm. 2, pp. 503-530.
- Ching, A. T.; Hayashi, F. (2010). "Payment Card Rewards Programs and Consumer Payment Choice", *Journal of Banking and Finance*, vol. 34, issue 8, pp. 1773-1787, agosto.
- Chudik, A.; Pesaran, M. H. (2015). "Common Correlated Effects Estimation of Heterogeneous Dynamic Panel Data Models with Weakly Exogenous Regressors", *Journal of Econometrics*, vol. 188, issue 2, pp. 393-420, octubre.
- CPMI-BIS (2016). "Fast Payments: Enhancing The Speed and Availability of Retail Payments", CPMI-BIS.
- CPMI-BIS-WB (2015). "Payment Aspects of Financial Inclusion", CPMI-BIS-WB.
- Demirguc-Kunt, A.; Klapper, L.; Singer, D. (2017). "Financial Inclusion and Inclusive Growth: A Review of Recent Empirical Evidence", Policy Research Working Paper, núm. 8040, Banco Mundial.
- Diacon, P.-E.; Maha, L.-G. (2015). "The Relationship between Income, Consumption and GDP: A Time Series, Cross-Country Analysis", *Procedia Economics and Finance*, vol. 23, pp. 1535-1543.
- Donovan, K. (2012). "Mobile Money for Financial Inclusion", en *Information and Communications for Development 2012: Maximizing Mobile*, Washington, D. C.: Banco Mundial.
- Doyle, M.-A.; Fisher, C.; Téllez, E.; Yadav, A. (2017). "How Australians Pay: Evidence from the 2016 Consumer Payments Survey", Research Discussion Paper, núm. 2017-04, Reserve Bank of Australia.
- Drehmann, M.; Goodhart, C.; Krueger, M.; Boldrin, M.; Rose, A. (2002). "The Challenges Facing Currency Usage: Will the Traditional Transaction Medium Be Able to Resist Competition from the New Technologies?", *Economic Policy*, vol. 17, núm. 34, pp. 195-227.
- Durbin, J.; Koopman, S. J. (2012). *Time Series Analysis by State Space Methods* second edition, Oxford Statistical Science Series, núm. 38, Oxford: Oxford University Press.
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*, New Jersey: J. Wiley.
- Engert, W.; Fung, B. S. C. (2017). "Central Bank Digital Currency: Motivations and Implications", Staff Discussion Paper, 2017-16, Bank of Canada.
- Fisglobal (2019). *Flavours of Fast* [en línea], disponible en: <https://www.fisglobal.com/flavors-of-fast>
- Fletcher, R. (1970). "A New Approach to Variable Metric Algorithms", *The Computer Journal*, vol. 13, issue 3, pp. 317-322.
- FMI (2019). "World Economic Outlook Database" [en línea], disponible en: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/data/assump.htm>
- Friedman, M. (1959). "The Demand for Money: Some Theoretical and Empirical Results", *Journal of Political Economy*, vol. 67, núm. 4, pp. 327-351.

- Fujiki, H.; Mulligan, C. (1996b). “A Structural Analysis of Money Demand: Cross-Sectional Evidence from Japan”, *Monetary and Economic Studies*, vol. 14, núm. 2, pp. 53-78, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan,
- Fujiki, H.; Mulligan, C. (1996a). “Production, Financial Sophistication, and the Demand for Money by Households and Firms”, *Monetary and Economic Studies*, vol. 14, núm. 1, pp. 65-103, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.
- Fujiki, H. (1999). “Japanese Money Demand: Evidence from Regional Monthly Data”, *Japan and the World Economy*, vol. 11, núm. 3, pp. 375-393.
- Fujiki, H.; Tanaka, M. (2009). “Demand for Currency, New Technology and the Adoption of Electronic Money: Evidence Using Individual Household Data”, Discussion Paper, núm. 2009-E-27, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.
- Fujiki, H.; Watanabe, K. (2004). “Japanese Demand for M1 and Demand Deposits: Cross-Sectional and Time-Series Evidence from Japan”, *Monetary and Economic Studies*, vol. 22, núm. 3, pp. 47-77, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.
- Fujiki, H. (2014). “Japanese Money Demand from the Regional Data: An Update and Some Additional Results”, *Monetary and Economic Studies*, vol. 32, pp. 45-102, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.
- Fung, B.; Huynh, K.; Sabetti, L. (2014). “The Impact of Retail Payment Innovations on Cash Usage”, *Journal of Financial Market Infrastructures*, vol. 3, núm. 1, pp. 3-31.
- García, G.; Pak, S. (1979). “Some Clues in the Case of the Missing Money”, *The American Economic Review*, vol. 69, núm. 2, pp. 330-334.
- Gilles, D. E. A. (1997). “The Hidden Economy and Tax-Evasion Prosecutions in New Zealand”, *Applied Economic Letters*, núm. 4.
- Gilles, D. E. A. (1999). “Measuring the Hidden Economy: Implications for Econometric Modelling”, *Economic Journal*, vol. 109, núm. 456.
- Goldfarb, D. (1970). “A Family of Variable-Metric Methods Derived by Variational Means”, *Mathematics of Computation*, vol. 24; pp. 23-26.
- Goldfeld, S. M.; Sichel, D. E. (1990). “The Demand for Money”, en B. M. Friedman y F. H. Hahn (eds.), *Handbook of Monetary Economics*, vol. 1, pp. 299-356, Ámsterdam: Elsevier.
- Gómez-González, J. E.; González-Molano, E.; Huertas-Campos, C.; Cristiano-Botia, D.; Chavarro-Sánchez, X. (2016). “Evaluación de la transmisión de la tasa de interés de referencia a las tasas de interés del sistema financiero colombiano”, *Ecos de Economía*, vol. 20, núm. 42.
- Gowrisankaran, G.; Stavins, J. (2002). “Network Externalities and Technology Adoption: Lessons from Electronic Payments”, *The RAND Journal of Economics*, vol. 35, núm. 2, pp. 260-276.
- Griliches, Z. (1957). “Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change”, *Econometrica*, vol. 25, núm. 4, pp. 501-522.
- Hannan, T. H.; McDowell, J. M. (1984). “The Determinants of Technology Adoption: The Case of the Banking Firm”, *The RAND Journal of Economics*, vol. 15, núm. 3, pp. 328-335.
- Harvey, A. C. (1990). *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoffman, D.; Rasche, R. (1996). “Assessing Forecast Performance in a Cointegrated System”, *Journal of Applied Econometrics*, vol. 11, issue 5, pp. 495-517.
- Hossain, A. A. (2012). “Modelling of Narrow Money Demand in Australia: an ARDL Cointegration Approach, 1970-2009”, *Empirical Economics*, vol. 42, núm. 3.

- Hsiao, C.; Shen, Y.; Fujiki, H. (2005). "Aggregate vs. Disaggregate Data Analysis: A Paradox in the Estimation of a Money Demand Function of Japan under the Low Interest Rate Policy", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 20, issue 5.
- Humphrey, D. B.; Pulley, L. B.; Vesala, J. M. (2000). "The Check's in the Mail: Why the United States Lags in the Adoption of Cost-Saving Electronic Payments", *Journal of Financial Services Research*, vol. 17, issue 1, pp. 17-39.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2018). *Fintech: América Latina 2018: crecimiento y consolidación*, Washington, D. C.: BID y Finnovista.
- Jonker, N. (2011). "Card Acceptance and Surcharging: The Role of Costs and Competition", *Review of Network Economics*, vol. 10, issue 2.
- Kahn, C. M.; McAndrews, J.; Roberds, W. (2005). "Money Is Privacy", *International Economic Review*, vol. 46, núm. 2, pp. 377-399.
- Klee, E. (2008). "How People Pay: Evidence from Grocery Store Data", *Journal of Monetary Economics*, vol. 55, issue 3, pp. 526-541.
- Kocherlakota, N. R. (1998). "Money Is Memory", *Journal of Economic Theory*, vol. 81, núm. 2, pp. 232-251.
- Koulayev, S.; Rysman, M.; Schuh, S.; Stavins, J. (2016). "Explaining Adoption and use of Payment Instruments by US Consumers", *The RAND Journal of Economics*, vol. 47, núm. 2, pp. 293-325.
- Lalouette, L.; Esselink, H. (2018). "Trends and Developments in the Use of Euro Cash over the Past Ten Years", ECB Economic Bulletin, issue 6/2018.
- Lippi, F.; Secchi, A. (2009). "Technological Change and the Households' Demand for Currency", *Journal of Monetary Economics*, vol. 56, núm. 2, pp. 222-230.
- Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*, Berlín: Springer.
- Mancini-Griffoli, T.; Martínez-Peria, M. S.; Agur, I.; Kiff, J.; Popescu, A.; Rochon, C. (2018). "Casting Light on Central Bank Digital Currency", IMF Staff Discussion Note, núm. SDN/18/08, Fondo monetario Internacional.
- Marschak, J. (1960). "Binary Choice Constraints on Random Utility Indications", en K. Arrow, ed., *Stanford Symposium on Mathematical methods in the Social Sciences*, Stanford University Press, Stanford, CA, pp. 312-329.
- Martínez-Ventura, C. (2013). "El Uso de Efectivo y Tarjetas Débito como Instrumentos de Pago en Colombia", Borradores de Economía, núm. 749, Banco de la República.
- Mcandrews, J. (2017). "The Case for Cash", Working Paper, núm. 679, Asian Development Bank Institute.
- McCallum, B. T.; Goodfriend, M. (2012). "Theoretical Analysis of the Demand for Money", Working Paper, núm. 86-3, Federal Reserve Bank of Richmond.
- Medina, L.; Schneider, F. (2017). "Shadow Economies Around the World: What Did We Learn Over the Last 20 Years?", Working Paper, núm. 18/17, FMI.
- Miller, M.; Orr, D. (1966). "A Model of the Demand for Money by Firms", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 80, pp. 413-435.
- Milne, A. (2007). "Governance and Innovation in UK Retail Payments", *Communications & Strategies*, vol. 66 (segundo trimestre), pp. 63-77.
- Milne, A. (2006). "What Is in It for Us?: Network Effects and Bank Payment Innovation", *Journal of Banking & Finance*, vol. 30, núm. 6, pp. 1613-1630.
- Ming, Q.; Carbo-Valverde, S.; Rodríguez-Fernández, F. (2016). "The Diffusion Pattern of Non-Cash Payments: Evidence from China", *International Journal of Technology Management*, vol. 70, núm. 1, pp. 44-57.
- Misas-Arango, M. A.; López-Enciso, E. A.; Arango-Arango, C.; Hernández, J. N. (2004). "No-linealidades en la demanda de efectivo en Colombia: las redes neuronales como herramienta de pronóstico", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 22, núm. 45, pp. 10-57.

- Mulligan, C. B.; Sala-I-Martin, X. (1992). "U.S. Money Demand: Surprising Cross-Sectional Estimates", *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 23, núm. 2, pp. 285-343.
- Mundlak, Y. (1978). "Models with Variable Coefficients: Integration and Extension", *Annales de l'insée*, núms. 30/31, pp. 483-509.
- Nagayasu, J. (2012). "Financial Innovation and Regional Money", *Applied Economics*, vol. 44, núm. 35, pp. 4617-4629.
- OCDE (2017). "Technology Tools to Tackle Tax Evasion and Tax Fraud" [en línea], disponible en: <https://www.oecd.org/tax/crime/technology-tools-to-tackle-tax-evasion-and-tax-fraud.pdf>
- Pesaran, H.; Shin, Y. (1998). "Generalized Impulse Response Analysis in Linear Multivariate Models", *Economics Letters*, vol. 58, núm. 1, pp. 17-29.
- Pesaran, M. H. (2016). *Time Series and Panel Data Econometrics*, Oxford: Oxford Scholarship Online.
- Pesaran, M. H.; Shin, Y.; Smith, R. P. (1999). "Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 94, núm. 446.
- Pickhardt, M.; Sardà, J. (2011). "Cash, Hoarding and the Underground Economy", CAWM Discussion Papers, núm. 56, University of Münster, Center of Applied Economic Research Münster (CAWM)
- Porter, R. D.; Simpson, T. D.; Mauskopf, E. (1979). "Financial Innovation and the Monetary Aggregates", *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 1, pp. 213-229.
- Prieto, A. M.; Torres, J. D.; Martínez, E.; Gutiérrez, D. (2018). "Estudio Sobre los sistemas de pago de bajo valor y su regulación", Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Unidad de Regulación Financiera.
- Riksbank(2018). "Payment Patterns in Sweden 2018" [en línea], disponible en: <https://www.riksbank.se/globalassets/media/statistik/betalningsstatistik/2018/payments-patterns-in-sweden-2018.pdf>, Sveriges Riksbank.
- Rochet, J. C.; Tirole, J. (2003). "Platform Competition in Two-Sided Markets", *Journal of the European Economic Association*, vol. 1, núm. 4, pp. 990-1029.
- Rochet, J. C.; Tirole, J. (2006). "Two-Sided Markets: A Progress Report", *The RAND Journal of Economics*, vol. 37, núm. 3, pp. 645-667.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations* (5.th Ed.), New York: Macmillan.
- Rogoff, K. S. (2017). *The Curse of Cash*, Princeton: Princeton University Press.
- Rysman, M. (2007). "An Empirical Analysis of Payment Card Usage", *Journal of Industrial Economics*, vol. 55, núm. 1, pp. 1-36.
- Santomero, A. M. (1974). "A Model of the Demand For Money By Households", *The Journal of Finance*, vol. 29, núm. 1, pp. 89-102.
- Schmiedel, H.; Kostova, G. L.; Ruttenberg, W. (2013). "The Social and Private Costs of Retail Payment Instruments: a European Perspective", *The Journal of Financial Market Infrastructures*, vol. 2, núm. 1, pp. 37-75.
- Schreft, S. L. (2011). "How and Why Do Consumers Choose Their Payment Methods?", Working Paper, núm. 06-04, FRB of Kansas City.
- Schunck, R. (2013). "Within and between Estimates in Random-Effects Models: Advantages and Drawbacks of Correlated Random Effects and Hybrid Models", *The Stata Journal*, vol. 13, núm. 1, pp. 65-76.
- Shanno, D. F. (1970). "Conditioning of Quasi-Newton Methods for Function Minimization", *Mathematics of Computation*, vol. 24, pp. 647-656.
- Stavins, J.; Shy, O. (2015). "Merchant Steering of Consumer Payment Choice: Evidence from a 2012 Diary Survey", *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, vol. 55, pp. 1-9.
- Stix, H. (2004). "How do Debit Cards Affect Cash Demand? Survey Data Evidence", *Empirica*, vol. 31, issue 2-3, pp. 93-115.

- Stix, H. (2013). “Why do People Save in Cash? Distrust, Memories of Banking Crises, Weak Institutions and Dollarization”, *Journal of Banking & Finance*, vol. 37, núm. 11.
- Tobin, J. (1956). “The Interest Elasticity of Transactions Demand for Money”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 38, pp. 241-247.
- Train, K. (2009). *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2016). “Barreras e Incentivos de los Pagos Digitales” (documento de consulta), Unidad de Proyección Normativa y Estudios de Regulación Financiera.
- Valverde, S. C.; Chakravorti, S.; Fernández, F. R. (2016). “The Role of Interchange Fees in Two-Sided Markets: An Empirical Investigation on Payment Cards”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 98, núm. 2, pp. 367-381.
- Watson, M.; Engle, R. (1980). “Formulation Générale et Estimation de Modèles Multidimensionnels Temporels a Facteurs Explicatifs non Observables”, *Les Cahiers de Seminaire d'Econometrie*, vol. 22, pp. 109-125.
- Whitesell, W. C. (1989). “The Demand for Currency versus Debitable Accounts: A Note”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 21, issue 2, pp. 246-57.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge: The MIT Press.
- Wooldridge, J. M. (2019). “Correlated Random Effects Models with Unbalanced Panels”, *Journal of Econometrics*, vol. 211, núm. 1, pp. 137-150.

Anexo 1

Modelación de la demanda de efectivo con datos de panel por país

En nuestros modelos de demanda de efectivo en circulación total y por denominaciones, discutidos en la sección 1.1, consideramos los factores tradicionales asociados con la demanda de efectivo como instrumento de pago, como el ingreso (*PIB* en dólares constantes de 2011 y en logaritmos), y el costo de oportunidad del efectivo (tasas de interés de corto plazo *R*). Además, incluimos desarrollos en innovaciones que afectan el costo relativo de usar efectivo, como son las redes de *ATM* (número de *ATM* por cada 100.000 habitantes) y el grado de aceptación de pagos electrónicos por los comercios, medida por la densidad de las redes de datáfonos en cada país (*EFTPOS* por cada 100.000 habitantes). La tasa de desempleo (*DEMP*) se utiliza como aproximación de las variaciones cíclicas del empleo informal. Finalmente, incluimos una tendencia (*T*) la cual recoge la demanda de efectivo no capturada por los otros factores explícitamente considerados (véase el Anexo 3 para mayor detalle sobre los datos y variables usadas).

De esta manera, la demanda de efectivo (EF_{it}^k) de cada país *i* en dólares constantes de 2011, donde *k* corresponde a los tres modelos estimados (total de efectivo en circulación, altas denominaciones y bajas denominaciones), es:

$$\begin{aligned} \ln(EF)_{it}^k = & \beta_0 + \beta_1 \ln(PIB)_{it} + \beta_2 R_{it} + \beta_3 ATM_{it} + \beta_4 DEMP_{it} + \\ & \beta_5 T_{it} + \gamma_1 EFTPOS_{it} + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (A1.1)$$

Definimos como bajas denominaciones aquellas que en dólares internacionales (PPP de 2011) corresponden, en cada país, a un valor igual o menor a los USD 20. Dado que las denominaciones pueden ir perdiendo poder adquisitivo en dólares constantes por las inflaciones relativas entre las economías, así como por fluctuaciones en la tasa de cambio, tomamos como umbral de referencia USD 31, algo superior a los USD 20, con el fin de reducir la incidencia de casos en donde altas denominaciones puedan mutar a bajas denominaciones y, por ende, el número de *dummies* de control, como se discute en detalle en Arango-Arango y Suárez (2019).

Dos modelos complementarios son estimados para cada uno de los agregados con el fin de explorar efectos no lineales en la relación entre *EFTPOS* y efectivo. La primera consiste en introducir una especificación cuadrática al añadir el término $\gamma_2 EFTPOS_{it}^2$. La segunda consiste en introducir una especificación *spline*, la cual es más flexible que la cuadrática, al permitir una relación funcional decreciente por tramos de la variable *EFTPOS*⁷.

7 Formalmente, dependiendo de pruebas estadísticas de ajuste del modelo, se introducen algunos o todos los términos de $\sum_j \gamma_j \delta_j (EFTPOS_{it} - EFTPOS_{qj})$, donde $EFTPOS_{qj}$ es el *j*-ésimo cuantil calculado a partir de la distribución empírica de los *EFTPOS* entre países, y δ_j es una variable dicotoma igual a 1 si $EFTPOS_{it} > EFTPOS_{qj}$, y 0 en caso contrario, siendo $j = 2, 3, 4$.

Las distintas especificaciones son estimadas por métodos generalizados de momentos para datos panel desbalanceados con el fin de controlar por la endogeneidad potencial que pueden tener las variables tecnológicas representadas por las redes de cajeros y de *EFTPOS*. Esta endogeneidad se refiere a la posibilidad de que el desarrollo de los *EFTPOS* y de las redes de *ATM* esté correlacionada con el componente de error de la ecuación de demanda de efectivo. Para tales efectos se introducen como variables instrumentales la densidad de líneas telefónicas terrestres, el crecimiento del PIB y las temperaturas promedio en los distintos países. Estas variables mostraron estar correlacionadas con las redes de *EFTPOS* y *ATM*, sin estar asociadas con el error.

Los resultados de las estimaciones se encuentran en el Cuadro A1.1. Como se observa en la primera línea del panel inferior del cuadro, el test de Hausman para la especificación de los modelos de panel no rechaza la hipótesis nula de que las especificaciones de efectos aleatorios son las más eficientes e insesgadas. Este es el caso en ocho de los nueve modelos. En el caso del modelo para el efectivo total, la hipótesis nula del test de Hausman es aceptada al 1% de nivel de confianza. Nótese que tanto la especificación cuadrática como la *spline* del efecto de la variable *EFTPOS* sobre el efectivo total y el valor de las altas denominaciones en circulación muestra evidencia significativa de una relación negativa y no lineal, como lo muestran las pruebas de significancia del panel inferior del cuadro.

El cuadro presenta las estimaciones de tres modelos alternativos para cada uno de los agregados de efectivo en circulación: valor total en circulación, altas denominaciones en circulación y bajas denominaciones en circulación. El primer modelo es una especificación lineal de la variable *EFTPOS*, el segundo es una especificación cuadrática, y el último es una especificación *spline*. En la especificación *spline* incluimos valores de la variable *EFTPOS* (datáfonos) dependiendo de los cuartiles de la distribución de esta variable en nuestra muestra.

Cuadro A1.1

Estimaciones de los modelos de demanda de efectivo total y para altas y bajas denominaciones

	Ln (total efectivo en circulación)			Ln (valor de altas denominaciones en circulación)			Ln (valor de bajas denominaciones en circulación)		
	Lineal	Cuadrático	Spline	Lineal	Cuadrático	Spline	Lineal	Cuadrático	Spline
Ln (PIB)	1,0129***	1,0011***	0,9994***	0,9146***	0,8688***	0,8696***	1,1109***	1,1174***	1,1028***
Tasa de interés de corto plazo	-0,0875**	-0,0868**	-0,0862**	-0,0148***	-0,0142**	-0,0143**	-0,0510***	-0,0515***	-0,0497***
Red de ATM	0,0065	0,0097*	0,0097*	0,0138**	0,0214***	0,0217***	-0,0126*	-0,0137*	-0,0114
Tasa de desempleo	0,0144	0,0150	0,0147	-0,0094	-0,0066	-0,0069	0,0187***	0,0185***	0,0173***
Tendencia lineal	0,0584***	0,0570***	0,0544***	0,0389***	0,0431***	0,0438***	0,0011	0,0009	0,0010
Red de EFTPOS (datáfonos) (γ_1)	-0,0003***	-0,0007**	-0,0005	-0,0008***	-0,0016***	-0,0015***	0,0003	0,0004	-0,0005
Red de EFTPOS ²		1,06E-07			2,05E-07***			-2,64E-08	
EFTPOS cuartil 2 (γ_2)									0,0009
EFTPOS cuartil 3 (γ_3)			-0,0002			0,0003			-0,0002
EFTPOS cuartil 4 (γ_4)			0,0006**			0,0006			
Constante	-120,2539***	-117,0710**	-111,9457***	-78,5761***	-85,7240***	-87,0067***	-9,5748	-9,3083	-8,9575
Hausman ($\hat{\tau}$)	12,77**	10,48	12,04	11,17	9,09	10,36	15,85	13,82	12,62
$\gamma_1 + \gamma_2$ EFTPOS = 0		5,76**			20,89***			1,56	
$\gamma_1 + \gamma_2 = 0$									1,42
$\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 0$									1,52
$\gamma_1 + \gamma_3 = 0$			15,87***			10,27***			
$\gamma_1 + \gamma_3 + \gamma_4 = 0$			0,12			12,42***			

Nota: seleccionamos los cuartiles que van en cada modelo dependiendo de la significancia estadística. Cada cuartil marca un quiebre continuo en la relación no lineal entre la variable EFTPOS y los distintos agregados de efectivo. En el panel inferior presentamos la prueba de Hausman de efectos fijos para cada modelo y las pruebas de hipótesis con respecto a la significancia de las pendientes en los diferentes segmentos de la especificación spline. El parámetro γ_1 corresponde al parámetro asociado con la variable EFTPOS en el panel superior, la cual corresponde a sus valores más bajos. Los demás parámetros γ_2 , γ_3 y γ_4 corresponden a los otros segmentos de la variable EFTPOS, denominados cuartil 2, 3 y 4, correspondientes a los cuartiles superiores de la variable EFTPOS. Nótese que aun cuando la relación es no lineal en el modelo de altas denominaciones como lo muestra el modelo cuadrático, la especificación spline es significativa de manera conjunta, considerando los cuartiles 1 y 3 (panel inferior del cuadro).

***, ** y * denotan significancia estadística a 1%, 5% y 10%, respectivamente.

Fuente: cálculos de los autores.

Anexo 2

Estimaciones de la adopción de pagos electrónicos con datos de panel por país

Estudiamos la adopción internacional de pagos electrónicos mediante un modelo empírico en forma de S, el cual plantea que al principio el uso de las nuevas tecnologías ocurre a un ritmo lento que va aumentando con el tiempo hasta alcanzar su punto máximo en el momento de inflexión. A partir de aquí el proceso pierde aceleración hasta llegar al punto de saturación.

Entre las distintas especificaciones de curvas S de adopción que existen en la literatura (Griliches, 1957) en este documento estimamos el siguiente modelo logístico del número de pagos electrónicos per cápita del país i en el período t —pagos con tarjetas (débito y crédito) y transferencias electrónicas (crédito y débitos directos)—, y_{it} :

$$y_{it} = \frac{k(X'_{it}\theta, \alpha_{k,i})}{1 + \frac{k(X'_{it}\theta, \alpha_{k,i}) - s_0}{s_0} e^{r(Z'_{it}\gamma, \alpha_{r,i})t}} + u_{it}, \quad (\text{A2.1})$$

El parámetro $k(X'_{it}\theta, \alpha_{k,i}) = \theta_0 + \theta_1 X_{1,it} + \dots + \theta_{pk} X_{pk,it} + \alpha_{k,i}$ es el nivel de largo plazo de la variable cuando los pagos electrónicos de un país alcanzan su madurez. Este nivel depende de distintos factores X_{it} , que lo afectan de acuerdo con los parámetros θ .

El parámetro $r(Z'_{it}\gamma, \alpha_{r,i}) = \gamma_0 + \gamma_1 Z_{1,it} + \dots + \gamma_{p_z} Z_{p_z,it} + \alpha_{r,i}$ es el que determina la velocidad con que ocurre el proceso de adopción. Esta depende de factores Z_{it} , que la afectan de acuerdo con los parámetros γ . El término u_{it} es el error aleatorio independiente e idénticamente distribuido del modelo. Los términos $\alpha_{k,i}$ y $\alpha_{r,i}$ corresponden a efectos fijos individuales que pueden o no estar correlacionados con las variables independientes, lo cual se debe considerar para garantizar la consistencia de la estimación. El parámetro s_0 es el nivel de adopción inicial, el cual suponemos arbitrariamente cercano a 0⁸. Finalmente, t indica el período en el que se encuentra el proceso de adopción. El Gráfico 7 en el artículo es una representación del proceso generado por la ecuación (A2.2). En ella presentamos tanto la curva S como la diferencial de y_{it} con respecto al tiempo, con sus puntos de aceleración, inflexión y saturación.

El modelo permite que la forma de la curva pueda variar dependiendo de las características de los países X_{it} y Z_{it} . Aunque estos dos grupos de variables pueden tener series en común, nos aseguramos de que no contengan los mismos elementos

para posibilitar la estimación econométrica. En particular, se espera que el nivel de adopción de largo plazo k dependa positivamente de los niveles relativos de ingreso per cápita, la población (como variable *proxy* de economías de escala), y mejores instituciones.

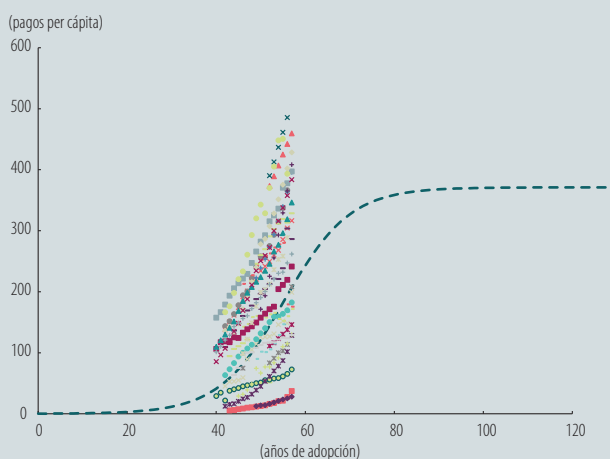
Por su parte, se espera que la velocidad de adopción dependa positivamente de la capacidad de pago, medida por el ingreso per cápita; el costo de oportunidad relativo de usar medios electrónicos frente al efectivo, medido por la tasa de interés de corto plazo; bajos grados de poder adquisitivo de la estructura de denominaciones del país (medida por el valor en dólares PPP de la mayor denominación de billetes en cada país), y el mayor grado de concentración del sector financiero, como medida de la facilidad de coordinación en el mercado de pagos. Así mismo, incluimos variables sociopolíticas de los países, como el nivel de educación y el grado de envejecimiento de la población, y variables que miden las libertades de los agentes en distintos mercados, como el de inversión y el laboral, así como variables de estabilidad política (véase Anexo 3 para una descripción detallada de las variables).

El modelo puede ser estimado a partir de nuestra muestra de países, suponiendo que el proceso de adopción mundial empieza en el mismo año para todos los países y que sigue una forma S específica. El Gráfico A2.1 ilustra este punto. Las curvas de adopción están determinadas por los distintos estadios de adopción tecnológica en que se encuentran los países en el período en que los datos para estos están disponibles. El modelo explota esta heterogeneidad para identificar en qué medida las características particulares de cada país, como su grado de desarrollo económico, permiten explicar el nivel y velocidad de adopción de los diferentes países durante el período muestral. Una vez estimado, el modelo permite calcular distintas curvas, según las características de los países, pasando por distintos puntos de la nube de historias observadas. Tanto el método *within* como el de primeras diferencias usados en modelos panel lineales se descartan debido a la naturaleza no lineal del modelo. Por otra parte, la estimación de los efectos fijos en k y en r mediante variables *dummy* genera problemas de convergencia, al utilizar una regresión no lineal o el método generalizado de momentos, debido a que la cantidad de parámetros a estimar aumenta en dos por cada país considerado.

Por las razones expuestas, utilizamos el modelo de efectos aleatorios correlacionados (Mundlak, 1978; Wooldridge, 2019), donde la inclusión de los promedios $\bar{W}_i = n_i^{-1} \sum_{t=1}^{n_i} W_{it}$ para las variables X_{it} y Z_{it} permite capturar cualquier correlación

8 Se puede observar que cuando $t \rightarrow \infty$, $e^{-rt} \rightarrow 0$, haciendo que $y = k$. También, cuando $t = 0$, $e^{-rt} = 1$, con lo cual $y = \frac{k - s_0}{1 + \frac{k - s_0}{s_0}} = s_0$.

Gráfico A2.1
Ventana de observaciones en panel para la estimación del modelo S de adopción mundial (submuestra de países)



Fuente: cálculos de los autores.

entre esta variable independiente y los efectos individuales (Schunck, 2013)⁹.

En el modelo resultante:

$$k(X_{it}'\theta, \bar{X}_{it}'\theta^*, \alpha_{k,i}^*) = \theta_0 + \theta_1 X_{1,it} + \dots + \theta_{pk} X_{pk,it} + \theta_1^* \bar{X}_{1,it} + \dots + \theta_{pk}^* \bar{X}_{pk,it} + \alpha_{k,i}^*$$

$$y r(Z_{it}'\gamma, \bar{Z}_{it}'\gamma^*, \alpha_{r,i}^*) = \gamma_0 + \gamma_1 Z_{1,it} + \dots + \gamma_{pr} Z_{pr,it} + \gamma_1^* \bar{Z}_{1,it} + \dots + \gamma_{pr}^* \bar{Z}_{pr,it} + \alpha_{r,i}^*$$

con $E(\alpha_{k,i}^*, X_{it}) = 0$ y $E(\alpha_{r,i}^*, Z_{it}) = 0$.

De esta forma, para la estimación utilizamos el modelo no lineal de efectos mixtos, que permite obtener directamente los parámetros del modelo (no lineal) de adopción, y los parámetros asociados con la distribución de los efectos individuales $\alpha_{k,i}^*$ y $\alpha_{r,i}^*$. Para este caso suponemos que¹⁰ $\alpha_{k,i}^* \sim N(0, \sigma_k^2)$, $\alpha_{r,i}^* \sim N(0, \sigma_r^2)$ y $Cov(\alpha_{k,i}^*, \alpha_{r,i}^*) = 0$.

Presentamos los resultados de las estimaciones en el Cuadro A2.1. En el cuadro comparamos los parámetros estimados bajo el supuesto de efectos aleatorios correlacionados (primera columna) y efectos aleatorios simples (segunda columna). En el modelo de la primera columna incluimos las medias de las variables para controlar por efectos fijos. En el panel inferior se presentan las varianzas de las constantes (parámetros aleatorios) en la ecuación asociada con el parámetro de nivel de adopción de largo plazo (k) y en la ecuación del parámetro de velocidad de adopción (r). El test de Hausman no rechaza la hipótesis nula de que el modelo con efectos aleatorios de la columna dos es insesgado y eficiente, por tanto, adoptamos este modelo.

9 Esto también aplica para modelos no lineales (Allison, 2009).

10 Las primeras dos condiciones son típicas del modelo de efectos mixtos no lineales. La tercera, que indica que los efectos individuales en el nivel de largo plazo k no están correlacionados con los efectos individuales en la tasa de convergencia r , es necesaria para identificar los parámetros a estimar.

Cuadro A2.1
Modelos estimados para la curva S de adopción de pagos electrónicos

Variable dependiente: pagos electrónicos per cápita	Efectos aleatorios correlacionados	Efectos aleatorios simples
Nivel de adopción de largo plazo (k)		
PIB pc PPP 2011	10.853***	7.833***
PIB pc PPP 2011, cuadrado	-95.505***	-51.698**
ln población	29	3
Libertad económica total	-1	21
Dummy OCDE	202***	169***
PIB pc PPP 2011, media	-7.993	
PIB pc PPP 2011, cuadrado, media	84.676	
ln población, media	-20	
Libertad económica total, media	392	
Constante	-379	-125
Velocidad de adopción (r)		
PIB pc PPP 2011	0,9942***	0,7635***
TI corto plazo	-0,0003	-0,0002
ln mayor denominación, PPP 2011	-0,0001	-0,0003
Años mayor denominación en circulación/100	0,0030	0,0051
Concentración bancaria	4,06E-05	5,53E-05
Población 15 a 30 años	-0,1157*	-0,1997***
Libertad fiscal/100	0,0109	0,0067
PIB pc PPP 2011, media	-0,5564	
TI corto plazo, media	0,0020	
ln Mayor denominación PPP 2011, media	-0,0014	
Años mayor denominación en circulación/100, media	0,0011	
Concentración bancaria, media	0,0002	
Población 15 a 30 años, media	-0,1137	
Libertad fiscal/100, media	-0,0664**	
Constante	0,1982***	0,1532***
N	405	410
var(K_0)	11.780***	14.625***
var(R_0)	3,43E-04***	3,97E-04***
Tipo de error	MA(1)	MA(1)
Hausman (valor p)	0,1591	

Nota: en el panel inferior se presentan las varianzas de las constantes (parámetros aleatorios) en la ecuación asociada con el parámetro de nivel de adopción de largo plazo (k) y en la ecuación del parámetro de velocidad de adopción (r). El test de Hausman no rechaza la hipótesis nula de que el modelo con efectos aleatorios es insesgado y eficiente, por tanto, adoptamos el modelo de la segunda columna. ***, ** y * denotan significancia estadística a 1%, 5% y 10%.

Fuente: cálculos de los autores.

Anexo 3

Datos y variables usadas en la sección 1

La base de datos de panel por país sobre circulación de efectivo y uso de pagos electrónicos usada en las estimaciones de la sección 1 es desbalanceada. En el caso de circulación de efectivo por denominaciones, por ejemplo, se tiene información que cubre períodos largos para algunos países, como en el caso de Nueva Zelanda (1968-2016) y Suiza (1980-2015), pero para otros los períodos son más cortos, como Bahrein (2011-2015) y China (2005-2009). En cuanto a la circulación de efectivo total, se tiene un mayor número de observaciones por país, ya que la información del Fondo Monetario Internacional al respecto es más completa. Para la información sobre valores y volúmenes de pagos con tarjetas débito y crédito y transferencias bancarias los países con mayores períodos de información son Suiza (1980-2015) y Bélgica (1987-2016) y los de menor información El Salvador y Kuwait (2004 y 2006).

Otras variables en la base hacen que las historias disponibles para cada país en las estimaciones puedan ser más cortas. Al final, considerando toda la información disponible, las estimaciones de demanda de efectivo total cuentan con 66 países y 513 observaciones país-año, las estimaciones de altas denominaciones cuentan con 54 países y 515 observaciones país-año, mientras que las de bajas denominaciones cuentan con 54 países y 517 observaciones país-año. Las estimaciones de los modelos de adopción de pagos electrónicos consideran 55 países y 410 observaciones país-año, tanto en el caso del modelo S de adopción como para el modelo de tasas de crecimiento de los pagos electrónicos per cápita. El Cuadro

A3.1 lista los países usados en los distintos modelos presentados en la Sección 1, y el Cuadro A3.2 describe las variables usadas en cada estimación y sus fuentes de información.

Una propiedad de los modelos estimados en la sección 1, tanto de demanda de efectivo como de adopción de pagos electrónicos (véanse anexos 1 y 2), es la de combinar historias de países en distintos estadios de adopción de pagos electrónicos. En efecto, la base incluye las historias más largas, asociadas con países desarrollados, desde sus etapas tempranas de adopción hasta sus estados maduros, y las historias más cortas de países en desarrollo, los cuales están en estadios bajos de adopción. Al combinar estas historias logramos identificar los efectos de mayores pagos electrónicos sobre la demanda de efectivo a lo largo de procesos tipo S de adopción de estas tecnologías.

Este uso combinado de historias limita la posibilidad de hacer ejercicios desagregados, por ejemplo, según países en desarrollo y desarrollados, para los propósitos de la sección 1. Así mismo, no permite usar un mayor número de variables de control. En particular, indicadores sobre la economía informal, como los de la Organización Internacional del Trabajo, están disponibles solo para un período reciente y no disponemos de datos más precisos sobre los costos de acceso al efectivo y a los pagos electrónicos que cubran el período de nuestra muestra. No obstante, nuestras estrategias de estimaciones en panel con efectos fijos limitan el riesgo de sesgos derivados de estas omisiones.

Cuadro A3.1

Países incluidos en los modelos de demanda de efectivo y de adopción de pagos electrónicos discutidos en la sección 1

Países	Modelos					Países	Modelos				
	TE	EA	EB	AS	AC		TE	EA	EB	AS	AC
Albania	✓			✓	✓	Mauricio		✓	✓		
Angola	✓					México	✓	✓	✓	✓	✓
Argentina	✓	✓	✓	✓	✓	Moldavia	✓				
Armenia	✓	✓	✓			Mongolia	✓				
Australia	✓	✓	✓	✓	✓	Marruecos	✓				
Austria		✓	✓	✓	✓	Mozambique	✓			✓	✓
Azerbaiyán	✓					Birmania	✓				
Baréin		✓	✓			Namibia				✓	✓
Bangladesh	✓					Holanda	✓	✓	✓	✓	✓
Bélgica	✓	✓	✓	✓	✓	Nigeria	✓			✓	✓
Bolivia	✓	✓	✓			Noruega	✓	✓	✓	✓	✓
Brasil	✓	✓	✓	✓	✓	Nueva Zelanda				✓	✓
Bulgaria	✓	✓	✓	✓	✓	Pakistán	✓				
Cabo Verde	✓					Perú	✓	✓	✓		
Camboya	✓					Filipinas	✓				
Canadá	✓	✓	✓	✓	✓	Polonia	✓	✓	✓	✓	✓
China	✓	✓	✓			Portugal		✓	✓	✓	✓
Colombia	✓	✓	✓	✓	✓	Rumania	✓	✓	✓	✓	✓
Costa Rica	✓	✓	✓	✓	✓	Rusia	✓	✓	✓	✓	✓
Croacia	✓	✓	✓			Ruanda	✓				
Chipre		✓	✓	✓	✓	Serbia	✓	✓	✓	✓	✓
República Checa	✓	✓	✓	✓	✓	Singapur	✓	✓	✓	✓	✓
Dinamarca	✓	✓	✓	✓	✓	Eslovaquia		✓	✓	✓	✓
República Dominicana	✓	✓	✓	✓	✓	Eslovenia		✓	✓	✓	✓
Indonesia	✓					Sudáfrica	✓	✓	✓	✓	✓
Iraq	✓					España		✓	✓	✓	✓
Irlanda	✓	✓	✓	✓	✓	Sri Lanka	✓				
Israel	✓	✓	✓	✓	✓	Suecia	✓	✓	✓	✓	✓
Italia	✓	✓	✓	✓	✓	Suiza	✓	✓	✓	✓	✓
Jamaica	✓			✓	✓	Tanzania	✓				
Corea del Sur				✓	✓	Tailandia	✓			✓	✓
Japón	✓	✓	✓			Trinidad y Tobago	✓			✓	✓
Latvia		✓	✓	✓	✓	Turquía	✓	✓	✓		
Lituania		✓	✓	✓	✓	Reino Unido		✓	✓	✓	✓
Luxemburgo		✓	✓	✓	✓	Estados Unidos	✓	✓	✓	✓	✓
Macedonia	✓	✓	✓			Uruguay	✓	✓	✓	✓	✓
Malasia	✓			✓	✓	Zambia	✓				
Malta		✓	✓	✓	✓						

Nota: TE: modelo de efectivo total. EA: modelo de altas denominaciones en circulación. EB: modelo de bajas denominaciones en circulación. AS: modelo S de adopción de pagos electrónicos. AC: modelo de crecimiento en la adopción de pagos electrónicos.

Fuente: según países incluidos en los modelos estimados por los autores.

Cuadro A3.2

Variables incluidas en los modelos de demanda de efectivo y de adopción de pagos electrónicos discutidos en la sección 1

Países	Descripción	Fuente	Modelo				
			TE	EA	EB	AS	AC
Efectivo total	Logaritmo del efectivo total en circulación fuera de bancos en dólares constantes de 2011 ^a a lo largo del período en que la información está disponible para cada país: $\ln(EF)_{it}^T$, para el país i en el año t .	Fondo Monetario Internacional	✓				
Altas denominaciones en circulación	Logaritmo del valor en circulación de las altas denominaciones de cada país en dólares constantes de 2011. Tomamos para cada país las denominaciones que en dólares constantes de 2011 superaron los 31 dólares constantes de 2011: $\ln(EF)_{it}^A$, para el país i en el año t .	Sitios web de distintos bancos centrales, estadísticas suministradas por algunas tesorerías de bancos centrales, y reportes estadísticos del BPI sobre sistemas de pagos en distintos países		✓			
Bajas denominaciones en circulación	Logaritmo del valor en circulación de las bajas denominaciones de cada país en dólares constantes de 2011. Tomamos para cada país las denominaciones que en dólares constantes de 2011 estuvieran ente 1 dólar y 31 dólares constantes de 2011: $\ln(EF)_{it}^B$ para el país i en el año t .	Sitios web de distintos bancos centrales, estadísticas suministradas por algunas tesorerías de bancos centrales, y reportes estadísticos del BPI sobre sistemas de pagos en distintos países			✓		
Pagos electrónicos per cápita	Pagos electrónicos per cápita, los cuales incluyen pagos con tarjetas débito y crédito y transferencias bancarias.	Banco Mundial, Global Payment Systems Survey y reportes estadísticos del BPI sobre sistemas de pagos en distintos países				✓	✓
PIB per cápita PPP 2011	PIB per cápita calculado a dólares internacionales o constantes, usando los factores de conversión de paridad de poder adquisitivo base 2011 (PPP, 2011).	Banco Mundial				✓	✓
PIB real	Logaritmo del PIB en dólares constantes 2011: $\ln(PIB)_{it}$ para el país i en el año t .	Banco Mundial	✓	✓	✓		
Ti corto plazo o tasa de interés	Tasa de interés de corto plazo asociada con depósitos de ahorro. En pocos casos tomamos otras tasas de interés para extrapolar datos faltantes: R_{it} para el país i en el año t .	Fondo Monetario Internacional	✓	✓	✓	✓	✓
Cajeros electrónicos	Número de ATM por 100.000 habitantes ATM_{it} para el país i en el año t .	Banco Mundial, Global Payment Systems Survey y reportes estadísticos del BPI sobre sistemas de pagos en distintos países	✓	✓	✓		
Tasa de desempleo	Porcentaje de desempleados en la economía: $DEMP_{it}$ para el país i en el año t .	Banco Mundial	✓	✓	✓		
EFTPOS	Número de EFTPOS (datáfonos) por 100.000 habitantes: $EFTPOS_{it}$ para el país i en el año t .	Banco Mundial, Global Payment Systems Survey y reportes estadísticos del BPI sobre sistemas de pagos en distintos países	✓	✓	✓		
Población	Población total para el país i en el año t .	Banco Mundial				✓	
OCDE	Variable <i>dummy</i> para los países pertenecientes a la OCDE.	OCDE				✓	
Libertad económica media	Índice de libertad económica ponderando doce aspectos, desde derechos de propiedad hasta libertades fiscal, financiera y laboral.	The Heritage Foundation				✓	
Libertad fiscal	Recaudo total de distintas cargas fiscales sobre PIB.	The Heritage Foundation				✓	✓
Libertad de negocios	Basado en distintos indicadores de la regulación para establecer un negocio.	The Heritage Foundation				✓	✓
Libertad de inversión	Basado en distintos indicadores de la regulación sobre inversión nacional y extranjera.	The Heritage Foundation				✓	✓
Libertad financiera	Basado en distintos indicadores de la regulación financiera.	The Heritage Foundation				✓	✓
Mayor denominación en circulación	La denominación más alta en la estructura de billetes y monedas de cada país expresada en dólares internacionales constantes de 2011.	Tomada de las páginas oficiales de los distintos bancos centrales y otras fuentes secundarias				✓	✓
Años mayor denominación	Número de años que lleva circulando la mayor denominación como parte de la estructura de billetes y monedas de un país, desde su puesta al público.	Tomada de las páginas oficiales de los distintos bancos centrales y otras fuentes secundarias				✓	✓

Cuadro A3.2 (continuación)

Variables incluidas en los modelos de demanda de efectivo y de adopción de pagos electrónicos discutidos en la sección 1

Países	Descripción	Fuente	Modelo				
			TE	EA	EB	AS	AC
Concentración bancaria	Indicador de concentración bancaria por país, el cual mide la participación de los activos de los tres bancos más grandes sobre el total de activos bancarios de cada país.	Banco Mundial				✓	✓
Población 15 a 30 años	Porcentaje de la población de 15 a 30 años en el total de la población.	Banco Mundial				✓	✓
Líneas telefónicas	Número de líneas telefónicas fijas.	Banco Mundial	✓	✓	✓	✓	✓
Líneas celulares	Número de celulares.	Banco Mundial					✓
Pagos inmediatos	Disponibilidad de pagos inmediatos en cada país; esto es, sistemas de pago electrónicos.	Banco Mundial, Global Payment Systems Survey y reportes estadísticos del BPI sobre sistemas de pagos en distintos países					✓
Estabilidad política	Indicador calculado por el Banco Mundial.	Banco Mundial					✓

a/ El cálculo de las variables en dólares constantes de 2011 sigue la metodología usada por el Banco Mundial para estimar los valores del PIB y otras variables, expresados en moneda local, en términos que sean comparables entre países. Para esto usan tasas de paridad de poder adquisitivo (PPP), las cuales permiten convertir valores nominales en moneda local en dólares internacionales comparables entre países. En nuestros cálculos usamos las tasas PPP base 2011, extraídas de las páginas en línea del Banco Mundial. Nota: TE: modelo de efectivo total. EA: modelo de altas denominaciones en circulación. EB: modelo de bajas denominaciones en circulación. AS: modelo S de adopción de pagos electrónicos. AC: modelo de crecimiento en la adopción de pagos electrónicos.

Fuente: elaboración de los autores.

Anexo 4

Modelo de ajuste parcial de la demanda de dinero

En este anexo explicamos con más detalle la teoría que soporta las especificaciones de los modelos VEC de las secciones 2.1 y 2.2 sobre los determinantes de la demanda de efectivo y de los cuasidineros y del Recuadro 1 sobre las estimaciones de la demanda de dinero en el ámbito municipal. En particular, aquí resumimos los principales elementos que dan lugar al modelo de ajuste parcial¹¹ en su versión más básica. Para mayores detalles se puede consultar Goldfeld y Sichel (1990).

Esta versión considera no solo tasas de interés sino también inflación en su especificación original. Este acercamiento razona la búsqueda y tenencia de medios de pago como un problema de minimizar costos de transacción al comprar y vender bienes y servicios. En dicho problema, cada individuo tiene un objetivo de cuánto quiere tener de medios de pago, unas tenencias observadas de estos y una estructura de los costos de transacción. Así, el objetivo es hacerse a la cantidad de medios de pago necesarias para minimizar los costos de transacción, teniendo en cuenta las tenencias objetivo.

Considere, entonces, que la función de costos de transacción es cuadrática y está dada por:

$$C = \alpha_1 \left[\text{Ln} M_t^* - \text{Ln} M_t \right]^2 + \alpha_2 \left[(\text{Ln} M_t - \text{Ln} M_{t-1}) + \delta (\text{Ln} P_t - \text{Ln} P_{t-1}) \right]^2 \quad (\text{A4.1})$$

donde $M_t = m_t P_t$; $M_t^* = m_t^* P_t$; m_t^* es la cantidad deseada de efectivo, y P_t es el nivel de precios. El primer término de (A4.1) es igual al componente de desequilibrio, mientras que el segundo es el término de costo de ajuste. El objetivo es minimizar esta función de costos con respecto a las tenencias observadas de dinero en términos nominales. Dicha minimización resulta en la ecuación (A4.2):

$$\text{Ln} M_t - \text{Ln} M_{t-1} = \mu (\text{Ln} M_t^* - \text{Ln} M_{t-1}) + \tau (\text{Ln} P_t - \text{Ln} P_{t-1}) \quad (\text{A4.2})$$

$$\text{con } \mu = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \text{y} \quad \tau = \frac{\delta \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = \delta (1 - \mu)$$

Finalmente, es necesario suponer una especificación para las tenencias óptimas de efectivo en términos reales. Esta viene dada por la ecuación (A4.3):

$$\text{Ln} m_t^* = \phi_0 + \phi_1 \text{Ln} y_t + \phi_2 \text{Ln} R_t + \phi_3 \pi_t \quad (\text{A4.3})$$

En esta ecuación, y_t es una variable que captura las transacciones de la economía, R_t representa una (o varias) tasas de interés y π_t es la tasa de inflación medida como:

$$\pi_t = \text{Ln} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

Combinando (A4.2) con (A4.3) y reorganizando términos llegamos a que:

$$\text{Ln} m_t = \mu \phi_0 + \mu \phi_1 \text{Ln} y_t + \mu \phi_2 \text{Ln} R_t + (1 - \mu) \text{Ln} m_{t-1} + \beta \text{Ln} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (\text{A4.4})$$

con $\beta = \mu \phi_3 + (1 - \mu)(\delta - 1)$.

La ecuación (A4.4) describe la forma funcional utilizada en el Recuadro 1 sobre demandas de cuasidineros en el ámbito municipal, mientras que la representación de largo plazo, la cual consiste en solucionar esta ecuación para $\text{Ln} m_t$, da lugar a la forma funcional especificada en la sección 2.1 y motiva la usada en la sección 2.2¹².

Estimar directamente la ecuación (A4.4) da lugar a la metodología de rezagos distribuidos, conocida como modelos *autorregresive distributed lag models* (ARDL). Estos modelos, de naturaleza lineal, relacionan no solamente la variable explicada con las variables explicativas en el período t sino también en valores históricos (rezagados) de estas; donde y_t es la variable dependiente y x_1, x_2, \dots, x_k las k variables explicativas. Un modelo general ARDL con parámetros $(p, q_1, q_2, \dots, q_k)$ viene dado por la ecuación (A4.5):

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \sum_{i=1}^p \psi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=0}^{q_j} \beta_{j,l_j} x_{j,t-l_j} + \epsilon_t \quad (\text{A4.5})$$

De la representación dada por la ecuación (A4.5) es posible derivar dos representaciones afines, las cuales son más cercanas al objetivo de este artículo: la primera es la versión de largo plazo, la cual viene dada por la ecuación (A4.6) y representa la relación de largo plazo existente entre la variable explicada y las k variables explicativas y sustenta el modelo de demanda de efectivo de la sección 2.1. La segunda versión es la forma de corrección de errores dada por la ecuación (A4.7), utilizada en la sección 2.2 de determinantes de la demanda

11 El término de *ajuste parcial* se acuña generalmente para describir cómo los agentes ajustan sus decisiones sobre los niveles deseados de alguna variable en un escenario donde existen costos de ajuste.

12 Para mayores detalles acerca de estas conversiones, el lector interesado se puede remitir a Pesaran (2016) capítulo 6.

por efectivo y cuasidineros. Aquí es importante aclarar que, si bien esta es la representación usada, hicimos la estimación por el método de Johansen (Anexo 5).

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \sum_{j=1}^k \theta_j (1) x_{j,t} + \sum_{j=1}^k \bar{\theta}_j (L) \Delta x_{j,t} + \zeta_t, \quad (\text{A4.6})$$

donde cada uno de los parámetros presentados en (A4.6) resulta de la interacción de varios de los parámetros de la forma funcional (A4.5). En la ecuación (A4.7) puede verificarse que el término denominado *corrección de errores* es, a su vez, la relación de cointegración cuando la variable explicada y las variables explicativas tienen una relación de largo plazo.

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t - \psi (1) \underbrace{\left(y_{t-1} - \sum_{j=1}^k \frac{\beta_j (1)}{\psi (1)} x_{j,t-1} \right)}_{\text{Corrección de Errores}} + \left(\tilde{\psi}^* (L) \Delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \tilde{\beta}_j (L) \Delta x_{j,t-1} \right) + \sum_{j=1}^k \beta_j (L) \Delta x_{j,t} + \epsilon_t \quad (\text{A4.7})$$

Según la literatura, identificamos cinco formas funcionales a estimar, dependiendo de la naturaleza del problema. Estas son:

1. Sin constante ni tendencia en el término de corrección de errores ($\alpha_0 = \alpha_1 = 0$).
2. Una constante en el término de corrección de errores y sin tendencia ($\alpha_0 = \psi (1) \mu_y + \sum_{j=1}^k \beta_j (1) \mu_{x_j}, \alpha_1 = 0$).
3. Una constante libre y sin tendencia ($\alpha_0 \neq 0, \alpha_1 = 0$).

4. Constante libre y tendencia en el componente de corrección de errores ($\alpha_0 \neq 0, \alpha_1 = \psi (1) \mu_y + \sum_{j=1}^k \beta_j (1) \mu_{x_j}$).
5. Constante y tendencia libres ($\alpha_0 \neq 0, \alpha_1 \neq 0$).

En el caso de las secciones 2.1 y 2.2 de determinantes de la demanda de efectivo y cuasidineros, la forma funcional escogida es la 4, mientras que en el recuadro sobre demandas de dinero en el ámbito municipal, la forma funcional usada es la 2.

En este último caso, hay dos elementos adicionales que merecen ser mencionados, dado que se usan datos de panel en la estimación. Primero, el procedimiento controla por la heterogeneidad existente entre los individuos en la contabilización de los efectos parciales de cada regresor e incluye una corrección por potenciales dependencias no observadas entre los diferentes cortes transversales¹³ (Chudik y Pesaran, 2015). Segundo, el procedimiento permite la estimación de una ecuación de demanda para cada municipio de la muestra, por lo que hacemos la inferencia en términos de parámetros representativos (promedio) de todos los cortes transversales de la estimación. Dichos parámetros se conocen como *mean group estimators*. Presentamos la fórmula de cálculo en la ecuación (A4.8):

$$\hat{\delta}_{MG} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{\delta}_i \quad (\text{A4.8})$$

con varianza igual a $\widehat{Var} (\hat{\delta}_{MG}) = 1 / N (N - 1) \sum_{i=1}^N (\hat{\delta}_i - \hat{\delta}_{MG})^2$, con $\delta_i = (\alpha_i, \beta_i)$.

Véase Pesaran y Shin (1998), Pesaran y Potter (1996) y Pesaran *et al.* (2001) para mayor detalle.

13 El no controlar por estos factores implica estimar coeficientes sesgados.

Anexo 5

Metodología de corrección de errores

Este anexo complementa las secciones 2.1 y 2.2 de determinantes de la demanda de efectivo y cuasidineros. En particular, aquí exponemos los principales elementos de la metodología de corrección de errores usada en la estimación de las ecuaciones referidas en dicha sección. Esta metodología se circunscribe a los métodos de estimación de series de tiempo y parte de suponer la existencia de una *relación de largo plazo* para un conjunto de variables. Por ejemplo, bajo la teoría cuantitativa del dinero, debería cumplirse que existe una relación de largo plazo entre las tenencias reales de dinero m_t (p. e.: efectivo en circulación) y la medida de transacciones en la economía y_t (p. e.: PIB).

En otros términos, debería cumplirse que $Ln m_t - \theta Ln y_t = 0$. Dado que esta igualdad matemática es difícil de cumplir en la realidad, la versión estocástica corresponde a $Ln m_t - \theta Ln y_t = z_t$ donde z_t es una variable aleatoria con media y varianzas constante y covarianzas independientes del tiempo. Procesos estocásticos como z_t se denominan *estacionarios débiles*.

Pero que z_t sea un proceso estacionario no implica que y_t o m_t también lo sean. Estos pueden ser *procesos integrados*, donde su orden de integración se denota comúnmente como $I(d)$, dado que es necesario diferenciarlos de manera simple d veces para convertirlos en procesos estacionarios. En general, combinaciones lineales de variables integradas de orden d dan como resultado una variable con el mismo orden de integración. Sin embargo, si el resultado de dicha combinación tiene un orden de integración inferior al de los sumandos se dice que las variables involucradas se encuentran *cointegradas*.

Siguiendo con el ejemplo postulado, si tanto y_t como m_t son procesos integrados de orden d , pero z_t resulta siendo un proceso de orden c , con $c = d - b, b > 0$ se dice que y_t y m_t están cointegradas de orden b o que satisfacen la relación de largo plazo dada por $Ln m_t - \theta Ln y_t = z_t$.

Existen diferentes metodologías de estimación de esta clase de relaciones. En este apartado exponemos el estimador propuesto por Johansen (1991). Este método permite la estimación de más de una relación de cointegración, al ser un acercamiento multivariado al problema. Así, considere el vector de información dado por las variables:

$$Y_t = [y_{1t} \ y_{2t} \ \dots \ y_{kt}]$$

Suponemos una representación autorregresiva del proceso generador de datos del problema, el cual se encuentra en términos del vector de variables a considerar, y el cual viene dado por la ecuación (A5.1):

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + \epsilon_t \quad (A5.1)$$

Así, el modelo a estimar bajo la metodología de Johansen viene dado por la ecuación (A5.2):

$$\Delta Y_t = \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Phi_i^* \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (A5.2)$$

donde Π y Φ^* son funciones de los Φ . En particular, $\Phi_j^* = -\sum_{i=j+1}^p \Phi_i$, $j = 1, \dots, p-1$ y $\Pi = -(I - \Phi_1 - \dots - \Phi_p)$. El factor clave en la estimación viene dado por la matriz Π la cual determina tanto las relaciones de largo plazo como los factores que inciden en el ajuste hacia dicho largo plazo. En otros términos, dicha matriz se puede descomponer según la ecuación (A5.3), donde el análisis se concentra especialmente en el contenido del vector β , el cual contiene los m vectores de cointegración existentes entre las variables incluidas en Y .

$$\Pi_{k \times k} = \alpha_{k \times m} \beta_{m \times k} \quad (A5.3)$$

Para más información se puede consultar Lütkepohl (2005) y Enders (2004).

Anexo 6

Representación estado-espacio del efectivo y la economía subterránea

El modelo Mimic

Este anexo describe la metodología usada en la sección 2.3. La metodología de múltiples indicadores y múltiples causas (Mimic, por su sigla en inglés) ha sido usada tradicionalmente en la literatura para estimar variables no observables, como la economía subterránea (Bhattacharyya, 1999; Gilles, 1997, 1999; Medina y Schneider, 2018). Esta metodología parte de un conjunto de ecuaciones que asocian distintos indicadores con la variable no observada, y una ecuación donde la variable no observada es función de factores causales. Watson y Engle (1980) demuestran que Mimic es solo un caso particular de una familia de modelos con un componente no observado, los cuales pueden ser expresados mediante una representación estado-espacio. Es decir, un sistema compuesto por ecuaciones que determinan los indicadores, o ecuaciones de medida, y las ecuaciones que determinan las variables no observables (o latentes) y que se denominan *ecuaciones de estado*. Una notación general de un modelo lineal en forma estado-espacio es la siguiente:

Ecuación de estado o transición de las variables no observables x_t :

$$x_t = B_t x_{t-1} + u_t + C_t c_t + G_t w_t, \text{ con } w_t \sim MVN(0, Q_t) \quad (A4.1)$$

Ecuación de observación o medida:

$$y_t = Z_t x_t + a_t + D_t d_t + H_t v_t, \text{ con } v_t \sim MVN(0, R_t) \quad (A4.2)$$

donde, además, suponemos que el valor de arranque de la iteración del vector de estado cumple:

$$x_1 \sim MVN(\pi, \lambda) \quad \text{o} \quad x_0 \sim MVN(\pi, \lambda)$$

Nótese la naturaleza recursiva del sistema de ecuaciones, donde la variable de estado entra como *input* en la ecuación de medida, pero no viceversa. Esta representación permite que se puedan utilizar las técnicas de filtro de Kalman y de máxima verosimilitud para estimar la dinámica de las variables no observables y los parámetros del sistema¹⁴.

En nuestra aplicación, estimamos el modelo de parámetros constantes ($a, B, C, Z, D, G, H, Q, R, u$) a lo largo del tiempo.

La ecuación de observación o medida es la demanda de efectivo en circulación en términos reales y en logaritmos, $Ln(EFR)_t$:

$$[Ln(EFR)_t] = [\theta_1] [x_t] + \theta_2 + [\theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8, \theta_{8.1}, \theta_{8.2}] \begin{bmatrix} DTF_t \\ Ln(ATM_t) \\ Ln(IAC_t) \\ VIT_t \\ DIPC_t \\ Ln(Y_{ft}) \\ T2010 \\ D1982 \end{bmatrix} + \epsilon_t,$$

donde suponemos que $H = VAR(\epsilon_t) = \sigma_\epsilon^2 = \theta_{20}$. La demanda de efectivo es función de la variable no observada x_t (la economía subterránea); la tasa de interés, DTF_t ; la inversión acumulada (en dólares) en cajeros electrónicos, ATM_t ; la inversión acumulada en tecnologías substitutas del efectivo, aproximada por la tasa de interés acumulada, IAC_t ; el impuesto a los movimientos financieros, VIT_t ; la tasa de inflación anual, $DIPC_t$; el valor agregado industrial como aproximación a la economía formal, $Ln(Y_{ft})$; y una variable quebrada de tendencia lineal, cuyo valor es 0 hasta 2009 y creciente a partir del año 2010, $T2010_t$ (véase la última sección de este anexo para una discusión sobre la inclusión de esta variable)^{15, 16}.

Por su parte, la economía subterránea o variable no observable x_t está definida por la ecuación de estado:

$$[x_t] = [\theta_9] [x_{t-1}] + [\theta_{10}, \theta_{11}, \theta_{12}, \theta_{13}, \theta_{14}, \theta_{15}, \theta_{16}, \theta_{17}, \theta_{18}, \theta_{19}] \begin{bmatrix} Ln(Y_{ft-1}) \\ TS_t \\ IC_t \\ AN_t \\ Ln(SMR_t) \\ CL_t \\ Ln(EP_t) \\ U_{t-1} \\ Ln(VCO_t) \\ D2006_t \end{bmatrix} + \eta_t$$

14 Véase Durbin y Koopman (2012) y Arango *et al.* (2006) para mayores detalles sobre esta metodología.

15 Véase el Anexo 7 para una descripción detallada de las variables.

16 En la estimación, además, se incluyeron variables dicótomas para modelar valores extremos, con lo cual se logra residuos no autocorrelacionados; son estas D1982 y D2006, con valor de 1 en esos años y 0 en el resto, en las ecuaciones de efectivo y economía subterránea, respectivamente.

donde¹⁷ $H = VAR(\eta_t) = \sigma_\eta^2 = \theta_{2t}$. Suponemos que la economía subterránea sigue un proceso autorregresivo y es función de la economía formal, $Ln(Y_{ft})$, rezagada un período; la tasa nominal del impuesto de renta a las sociedades, TS_t ; la tasa nominal de impuesto al consumo, IC_t ; la tasa nominal del arancel a las importaciones, AN_t ; el salario mínimo real, SMR_t ; los costos laborales, CL_t ; el empleo público, EP_t ; la tasa de desempleo, U_t ; y el área cultivada de coca, VCO_t .

Estimamos los 21 parámetros por el principio de máxima verosimilitud y usamos métodos numéricos —método BFGS (Broyden, 1970; Fletcher, 1970; Goldfarb, 1970; Shanno, 1970)—: empleando el paquete Marss, implementado en R. Por su parte, obtenemos los intervalos de confianza por métodos *bootstrapping* con cien réplicas. Los resultados se muestran en el Cuadro A6.1.

17 En esta aplicación seguimos la estrategia de concentrar este parámetro fuera de la función de verosimilitud como lo sugiere Harvey (1990) y fijamos su valor en 0,1, con base en la varianza muestral de la economía formal (valor agregado), dada la alta correlación entre esta variable y la economía subterránea.

Los resultados de la evaluación de supuestos (normalidad y no autocorrelación de residuos) de cada ecuación son satisfactorios. Para normalidad la prueba Jarque-Bera arroja un valor p de 0,82 para la ecuación de efectivo y 0,76 para la variable latente; mientras que las pruebas Ljung-Box muestran que los residuos no presentan autocorrelación con valores p de 0,16 y 0,09, para las mismas ecuaciones.

El Gráfico A6.1 muestra la representación estado-espacio para la ecuación del efectivo. De allí se nota lo adecuado del ajuste de esta serie y que los valores observados están dentro del intervalo de confianza, lo cual produce tranquilidad en el uso del modelo.

Descomposición histórica de choques

Una herramienta útil en el diagnóstico e interpretación de modelos dinámicos es la descomposición histórica, similar a la usada en modelos DSGE. Presentamos enseguida los lineamientos del álgebra para obtener dicha descomposición.

Cuadro A6.1
Resultados de la estimación de parámetros

Parámetro	Variable	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
				Inferior	Superior
t1	Eco_subterránea	0,207043	0,025649	0,160064	0,249013
t2	Constante	1,020506	0,074215	0,842104	1,117360
t3	DTF	-1,129929	0,127996	-1,359045	-0,893752
t4	Importación acumulada de cajeros	-0,000798	0,010126	-0,011800	0,024509
t5	Tasa interés acumulada (LIAC)	-0,165055	0,112039	-0,448151	-0,073673
t6	VIT	0,582330	0,014128	0,556366	0,610989
t7	Inflación	-1,157780	0,099399	-1,278760	-0,932235
t8	Valor agregado (Y_f)	1,091566	0,046583	1,009110	1,171480
t8.1	T2010	0,086511	0,006530	0,078303	0,101519
t8.2	D1982	0,252207	0,091809	0,114372	0,425705
t9	Eco_subterránea_t-1	0,040726	0,030370	0,003238	0,101034
t10	Valor agregado_1 (Y_t-1)	0,861984	0,052368	0,718191	0,901768
t11	Imporrenta (TS)	0,313479	0,034236	0,300663	0,436099
t12	Impoconsumo (IC)	1,415618	0,014168	1,389136	1,441953
t13	Aranceles (AN)	1,218182	0,036733	1,217099	1,353586
t14	Salario mínimo real (LSMR)	1,184028	0,046628	1,083852	1,246377
t15	Costos laborales (CL)	0,588223	0,040244	0,513804	0,654963
t16	Empleo público (LLP)	-0,526314	0,148404	-0,630852	-0,122380
t17	Desempleo_1 (U_t-1)	0,381640	0,031158	0,351260	0,466806
t18	Área cocaína (LVCO)	0,068420	0,127583	0,001000	0,384007
t19	D2006	0,432754	0,112339	0,328310	0,716290
t20	Varianza_efectivo	0,000001	0,000144	0,000001	0,000358

Fuente: cálculos de los autores usando paquete Marss en R (programa GNU).

Gráfico A6.1
Logaritmo del efectivo real observado versus el estimado en la representación estado-espacio



Nota: área sombreada representa intervalo de confianza al 90% estimado con base en *bootstrapping* de cien réplicas.
Fuente: cálculos de los autores.

Partiendo de la ecuación de estado (transición), $x_t = Bx_{t-1} + Cc_t + w_t$, y sustituyendo iterativamente los rezagos de x_t , obtenemos:

$$x_t = \sum_{i=0}^{t-1} B^i w_{t-i} + \sum_{j=0}^{t-1} B^j C c_{t-j} + B_0 x_0$$

Esta expresión puede ser reemplazada en la ecuación de medida para descomponer la serie observada (o vector de las variables observables) a partir de la siguiente ecuación (véase el Gráfico 14):

$$y_t = \theta_1 \left(\sum_{i=0}^{t-1} B^i w_{t-i} + \sum_{j=0}^{t-1} B^j C c_{t-j} + B_0 x_0 \right) + D d_t + \epsilon_t.$$

Brecha del efectivo en la estimación estado-espacio

Como parte de la exploración de la especificación estado-espacio que mejor se ajustara para nuestra estimación del efectivo en circulación (sección 2.3), hicimos varios ejercicios. Entre ellos se destaca uno en el que en la ecuación de efectivo incluimos las variables mencionadas en la discusión de la ecuación de medida, excluyendo T2010. Por el lado de la economía subterránea, incluimos los factores causales mencionados para la ecuación de estado.

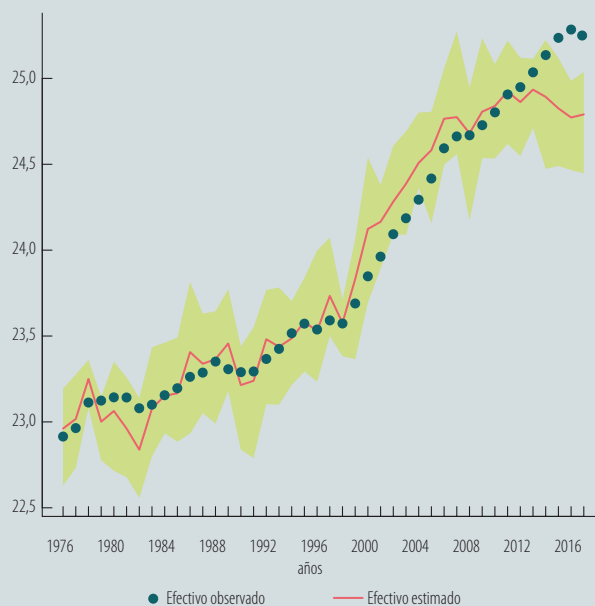
El Gráfico A6.2 presenta los resultados de este ejercicio asociados con las predicciones del efectivo. Esta especificación tiene una bondad de ajuste aceptable durante la mayor parte del período muestral, excepto en los últimos 6 años de la

muestra. Nótese la brecha creciente que presenta la estimación del modelo frente al efectivo en circulación observado durante estos últimos años. Dado el comportamiento de los errores de esta especificación, las pruebas estadísticas de normalidad y cero autocorrelación de los errores arriba mencionados son rechazadas.

Para lograr que la especificación cumpla con las condiciones estadísticas, optamos por incluir la variable quebrada de tendencia T2010 en la ecuación de la economía subterránea. Como se aprecia en el Gráfico A6.1, la especificación final elimina la brecha entre la predicción del modelo y el efectivo observado.

Esta brecha en la demanda de efectivo a partir de 2010, no explicada ni por las variables tradicionales que entran como determinantes en la ecuación de medida ni por los factores incluidos como causas de la economía subterránea en la ecuación de estado, sugieren que durante el último período de la muestra han ocurrido innovaciones en la demanda de efectivo que deben ser estudiadas con más detenimiento.

Gráfico A6.2
Efectivo estimado por el modelo estado-espacio de referencia versus el observado



Nota: área sombreada representa intervalo de confianza al 90% estimado con base en *bootstrapping* de cien réplicas.
Fuente: cálculos de los autores.

Anexo 7

Variables usadas en la estimación de los modelos discutidos en la sección 2

En este anexo describimos las variables usadas en las estimaciones de los modelos usados en la sección 2, correspondientes a las series de tiempo anuales para el período 1976-2017 (Cuadro A7.1). Asimismo, presentamos estadísticas descriptivas (Cuadro A7.2).

Cuadro A7.1

Descripción de las variables usadas en los modelos estimados en la sección 2, usando series de tiempo anuales para el período 1976-2017

Variable	Descripción	Fuente	Modelo			
			TC	ED	KM	KS
$Ln(EFR_t)$	Valor en circulación de billetes y monedas en poder del público en logaritmos	Banco de la República	✓		✓	
EF/CD_t	Razón efectivo a cuentas de depósito (corrientes y de ahorro)	Banco de la República		✓		
DTE_t	Tasa de interés de certificados de depósito a término (noventa días). Costo de oportunidad	Banco de la República	✓	✓	✓	
$Ln(ATM_t)$	Red de cajeros electrónicos del sistema financiero como variable de costos de acceso al efectivo en logaritmos	Valor acumulado de las importaciones de cajeros electrónicos con base en DANE y cálculos propios	✓	✓	✓	
$Ln(IAC_t)$	Variable acumulativa de tasas de interés descontada por depreciación como proxy de innovaciones transaccionales ²¹ (en logaritmos)	Banco de la República y cálculos propios	✓	✓	✓	
VIT_t	Impuesto o gravamen a las transacciones financieras	Según leyes y decretos correspondientes				✓
$DIPC_t$	Inflación anual promedio	Banco de la República y cálculos propios	✓	✓	✓	
$Ln(Y_{ft})$	Valor agregado de la industria manufacturera como aproximación a la economía formal (en logaritmos). Rezagada un período en el modelo KS	DANE			✓	✓
TS_t	Tasa impositiva nominal a las sociedades	Banco de la República				✓
IC_t	Tasa impositiva nominal al consumo	Banco de la República				✓
AN_t	Arancel nominal promedio	Banco de la República				✓
$Ln(SMR_t)$	Salario mínimo real. Para los años anteriores a la unificación del salario mínimo legal, tomamos el salario mínimo urbano según los decretos correspondientes	Según la regulación correspondiente y cálculos propios				✓
CL_t	Costos laborales que incluyen los distintos rubros parafiscales pagados por el patrón	Banco de la República				✓
$Ln(EP_t)$	Empleo público medido como porcentaje del empleo total (en logaritmos)	Banco de la República y DANE				✓
U_{t-1}	Tasa de desempleo	DANE				✓
$Ln(VCO_t)$	Área cultivada de cocaína (en logaritmos)	Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (programa Simci) y Ministerio de Defensa				✓
$T2010_t$	Tendencia quebrada con valor de 0 hasta 2009 y valores de tendencia a partir de 2010 en adelante. Véase la discusión en el Anexo 6	Cálculos propios				✓

Cuadro A7.1 (continuación)

Descripción de las variables usadas en los modelos estimados en la sección 2, usando series de tiempo anuales para el período 1976-2017

Variable	Descripción	Fuente	Modelo
BM_t	Proporción de empleados asalariados con salarios por debajo del mínimo	Banco de la República (cálculos con base en la <i>antigua encuesta nacional de hogares</i> , y empalme con la <i>Gran encuesta integrada de hogares</i> , DANE)	✓
CP_t	Proporción de empleados por cuenta propia	Banco de la República (cálculos con base en la <i>antigua encuesta nacional de hogares</i> , y empalme con la <i>Gran encuesta integrada de hogares</i> , DANE)	✓

a/ En la práctica, las innovaciones financieras en materia de mecanismos de pago son muy difíciles de medir dado que no se encuentra información de dichas inversiones para el período de nuestra muestra. En este caso, se usa una proxy calculada como la suma acumulada de las tasas de interés observadas netas ajustadas por un factor de depreciación (Arango, Misas y López, 2006). Este indicador captura el hecho de que a mayores tasas de interés mayor es la demanda potencial por cuentas de depósito y servicios transaccionales, y por ende mayores los incentivos para invertir en sistemas de pago electrónicos, por lo que la variable es acumulativa (Goldfeld y Sichel, 1990).

Nota: en la columna "Modelo" se reporta en qué modelos se usaron las distintas variables. ET = modelo de efectivo total en circulación; ED = modelo de la razón efectivo a depósitos a la vista o cuasidineros (cuentas corrientes y de ahorro); KM = ecuación de medida en el sistema de ecuaciones del modelo estado-espacio de efectivo y economía subterránea; KS = ecuación de estado en el sistema de ecuaciones del modelo estado-espacio de efectivo y economía subterránea.

Fuente: elaboración de los autores.

Cuadro A7.2

Estadísticas descriptivas de las variables usadas en los modelos estimados en la sección 2 (series de tiempo anuales para el período 1976-2017)

Variable	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3
$Ln(EFR_t)$	23,30	23,59	24,68
EF/CD_t	18,91	23,22	25,13
DTF_t	0,07	0,23	0,33
$Ln(ATM_t)$	5,03	12,51	12,80
$Ln(IA C_t)$	5,66	6,29	6,47
VIT_t	0,00	0,00	0,004
$DIPC_t$	0,06	0,17	0,24
$Ln(Y_{ft})$	18,23	18,51	18,93
TS_t	0,25	0,31	0,35
IC_t	0,10	0,16	0,16
AN_t	0,12	0,12	0,36
$Ln(SMR_t)$	6,89	6,96	7,10
CL_t	0,46	0,46	0,53
$Ln(EP_t)$	13,61	13,72	13,81
U_{t-1}	0,10	0,11	0,13
$Ln(VCO_t)$	10,04	10,81	11,34
$T2010_t$	23,26	23,58	24,61
BM_t	17,50	19,94	23,65
CP_t	25,46	28,61	33,56

Fuente: cálculos de los autores.

Anexo 8

Algunas estadísticas de los cuadernillos y las respuestas a los cuestionarios de la encuesta sobre pagos, 2016

La encuesta a consumidores urbanos usada para las estimaciones del modelo discutido en la sección 3.1 fue aplicada en las cinco principales ciudades de Colombia (Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali y Medellín) en 2016. La metodología de la encuesta fue de carácter probabilístico, estratificada y con tamaño de muestra de 1.502 adultos residentes en zonas urbanas. La muestra es representativa para trece millones de personas (aproximadamente el 26% de la población colombiana adulta) y tiene un margen de error relativo de 2,8%.

En la encuesta se aplicaron dos instrumentos: 1) un cuestionario que aborda la caracterización demográfica de los en-

trevistados, su nivel de inclusión y educación financiera, sus percepciones sobre costos y otros atributos de productos financieros e instrumentos de pago, sus hábitos de pago y su acceso y uso a instrumentos y canales de pago, y 2) un cuadernillo de pagos en el cual se recoge información sobre el volumen y valor de los pagos de los individuos a distintas frecuencias (diaria, mensual y anual) y según instrumento de pago, para distintos contextos o subsectores del comercio.

A continuación presentamos algunas estadísticas descriptivas de la encuesta (cuadros A8.1 al A8.3):

Cuadro A8.1

Participación de las transacciones en los cuadernillos, según instrumentos de pago (en volúmenes)

Variable	Participación en las transacciones de pago (porcentaje)		
	Efectivo	Tarjeta débito	Tarjeta de Crédito
Departamentos	73,33	18,04	8,63
Supermercados	89,68	8,7	1,62
Alimentos, cigarrerías	99,63	0,31	0,06
Restaurantes, bares	96,33	3,08	0,58
Estaciones de gasolina	96,04	2,95	1,01
Papelerías, repuestos	97,77	0,9	1,33
Droguerías	99,8	0,2	0
Taxis, buses, pasajes	99,99	0,01	0
Hoteles, cine, juegos	92,54	7,52	0,03
Servicios personales	95,11	3,95	0,93
Vendedores ambulantes	100	0	0
Donaciones, mesadas	100	0	0
Electrodomésticos	70,23	17,18	12,59
Muebles	76,68	14,1	9,22
Confecciones, calzado	88,47	6,66	4,87
Peluquerías, gimnasios	99,19	0,81	0
Talleres, carpinterías	94,36	5,13	0,51
Servicios financieros	90,58	7,44	1,99
Educación y salud	97,6	2,4	0
Servicios públicos	97,48	2,52	0
Alquiler vivienda	100	0	0
Vehículos	91,79	4,17	4,05
Impuestos	97,37	2,63	0
Total	97,72	1,81	0,47

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A8.2
Tenencia de tarjetas, según características socioeconómicas

Variable	Categoría	Tarjeta débito	Tarjeta de crédito (porcentaje)	Cheque
Total		44,6	24,9	2,8
Edad	18-24 años	44,1	14,1	0
	25-34 años	53,5	28,8	1,9
	35-44 años	58,1	39,1	6,8
	45-54 años	53,6	32,7	3,4
	Más de 55 años	38,6	20,6	1,2
Educación	Secundaria incompleta	26,6	13,4	0
	Secundaria/técnico incompleto	43,8	22,2	0,7
	Técnico/universidad incompleta	61,3	31,8	4,6
	Universidad	77,3	50	7,7
Estrato	Estratos 1 y 2	38	20,4	0,5
	Estratos 3 y 4	56,9	29,9	3,5
	Estratos 5 y 6	78	54	11
Estado laboral	Desempleado	27	13,7	1,3
	Medio tiempo	34,3	16,8	1
	Tiempo completo	62,8	35,4	3,5
Formalidad del trabajo	Formal	74,7	40,3	3,9
	Informal	35,5	21,7	2,1

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A8.3
Porcentaje de consumidores con percepciones favorables sobre distintos atributos de los instrumentos de pago

Instrumento de pago	Facilidad de acceso	Facilidad de uso	Control presupuestal
Efectivo	94,8	96,7	76,2
Tarjetas débito	56,2	61	41,1
Tarjetas crédito	45,4	57,4	31,3
Transferencias	26,6	29,3	19,7
Cheques	12,9	16,1	20
Monederos electrónicos	12,1	11,9	11,3
Billeteras electrónicas	6	6,8	8,1

Fuente: cálculos de los autores.

Anexo 9

Modelo de acceso y uso de tarjetas de pago por parte de los consumidores urbanos: teoría y metodología de estimación

Para investigar los factores que inciden en el acceso y uso de tarjetas débito y crédito extendemos el trabajo de Arango-Arango *et al.* (2017)¹⁸. En particular, adoptamos la modelación de Koulayev *et al.* (2016), en la que los individuos escogen qué portafolio de instrumentos de pago están dispuestos a adoptar en función de la frecuencia con la que creen que los estarán usando en el futuro para efectuar sus pagos cotidianos. Nuestro trabajo se diferencia del de Koulayev *et al.* (2016), en que hacemos control explícito del grado de aceptación de las tarjetas de pago por parte de los comercios. Esto nos permite analizar hasta dónde los efectos de red, característicos de los mercados de dos lados, están operando en el sistema de pagos con tarjetas colombiano (Rysman, 2007).

De manera más específica, suponemos que en cada oportunidad de compra l con unas características específicas o contextos c , el instrumento de pago j ofrece un beneficio neto de los costos marginales por usarlo (o utilidad indirecta)¹⁹:

$$u_{ijcl} = \delta_{ijc} + \varepsilon_{ijcl}^u,$$

donde ε_{ijcl}^u es el componente no observable de la utilidad indirecta por parte del individuo i y δ_{ijc} es el componente observable.

Suponiendo ciertas propiedades del error ε_{ijcl}^u en la utilidad marginal y considerando que el individuo tiene un cierto número de oportunidades transaccionales por mes, este puede calcular cuál sería la utilidad $v(b_i)$ que obtendría al comparar distintos portafolios de instrumentos b para efectuar su canasta de pagos: solo efectivo; efectivo y tarjeta débito; efectivo y tarjeta crédito; y efectivo, tarjeta débito y tarjeta de crédito²⁰. Dicha utilidad neta, unida a los beneficios netos de los costos fijos de adopción de cada uno de los instrumentos, λ_j , que

18 En dicho trabajo se modelan por separado las decisiones de adopción de cada instrumento de pago mediante modelos *probit* independientes. A su vez, se estudia el uso de las tarjetas como una variable dicotoma (usa o no usa) condicional a la tenencia del instrumento de pago. Aquí modelamos simultáneamente la adopción o acceso a distintos instrumentos de pago y el uso de ellos.

19 La utilidad indirecta resulta de resolver el problema de optimización de un consumidor, y representa el beneficio neto de los costos o precios de acceder a un bien o servicio —véase Marschak (1960) y Train (2009) para una discusión detallada de la derivación de esta clase de modelos a partir de un modelo de optimización con restricciones—.

20 Suponiendo que el efectivo siempre hace parte del portafolio del individuo, sin importar qué otros instrumentos se adopten.

componen el portafolio b más un componente aleatorio no observable para el individuo, ε_{ib}^a , da como resultado la utilidad neta de adoptar un portafolio de instrumentos de pago específico b :

$$V_{ib} = \bar{V}_{ib} + \varepsilon_{ib}^w = \sum_{j \in b} \lambda_{ij} + v_i(b) + \varepsilon_{ib}^a$$

El individuo escogerá aquel portafolio b^* que maximiza su utilidad esperada, es decir aquel tal que $V_{b^*} \geq V_b$ entre todos los portafolios b disponibles B .

Suponiendo que los errores ε_{ijcl}^u y ε_{ib}^a siguen una distribución de valor extremo tipo I^1 , la predicción de la probabilidad de los valores observados del individuo respecto a su portafolio b_i^* y el vector de compras efectuado con los distintos instrumentos de pago en los distintos contextos y_i^* , reportado en los cuadernillos, es:

$$Pr(y_i^*, b_i^* | \theta) = Pr(b_i^* | \theta) Pr(y_i^* | b_i^*, \theta),$$

donde el primer término del lado derecho es la probabilidad de escoger el portafolio b^* reportado por el individuo en la encuesta, entre todos los portafolios posibles B :

$$Pr(b_i^* | \theta) = \frac{\exp(\bar{V}_{b^*})}{\sum_{k \in B} \exp(\bar{V}_k)},$$

y el segundo término es la probabilidad conjunta de efectuar el número de pagos y_{ijc}^* reportado en los cuadernillos con dichos instrumentos j en los distintos contextos c , dados los instrumentos de pago incluidos en el portafolio b^* del individuo:

$$Pr(y_i^* | b_i^*, \theta) = \prod_{j \in b_i^*} \prod_{c \in C} \left(\frac{\exp(\delta_{ijc})}{\sum_{k \in b_i^*} \sum_{d \in C} \exp(\delta_{ikd})} \right)^{y_{ijc}^*} \quad (A9.1)$$

Suponemos que tanto la parte observable de la utilidad indirecta δ_{ijc} , como los beneficios netos de los costos fijos de adopción de cada instrumento λ_{ij} , dependen de distintos factores que son observables en la encuesta, x_{ijc} y z_{ij} , y de otros que no observamos (aun cuando son de conocimiento del individuo: v_{ijc} y w_{ij}): $\delta_{ijc} = x_{ijc} \beta_\delta + v_{ijc}$ y $\lambda_{ij} = z_{ij} \gamma_\lambda + w_{ij}$. El vector de parámetros a estimar θ incluye β_δ y γ_λ , así como los parámetros

21 Este es el supuesto usado en modelos estándar como los de escogencia discreta tipo *logit* o multinomiales (Train, 2009).

metros asociados con los errores aleatorios de los distintos componentes del modelo.

Usando la información recolectada en los cuestionarios y cuadernillos, incorporamos en los determinantes de la utilidad indirecta en el uso de los distintos instrumentos j , x_{ijc} tanto variables socioeconómicas como percepciones reportadas por los individuos sobre cada instrumento en términos de su facilidad de uso, habilidad para llevar control del gasto, y los costos relativos de las tarjetas débito y crédito frente al efectivo²². Los datos de frecuencia de pagos con cada instrumento de los cuadernillos los dividimos en cinco contextos: compras en grandes almacenes; en droguerías, papelerías y miscelánea; en restaurantes y cafeterías; en pagos de servicios personales y donaciones, y servicios públicos y otros pagos recurrentes.

Las variables usadas en z_{ij} incluyen variables socioeconómicas y percepciones de los encuestados sobre la dificultad, pertinencia y costos de acceder a los distintos instrumentos de pago.

Metodología bayesiana con simulación de la función de verosimilitud para el modelo de acceso y uso de instrumentos de pago por parte de los consumidores

La estrategia empírica requiere construir la función de verosimilitud²³ para el número observado de transacciones que cada individuo asigna a un instrumento de pago específico cuando se encuentra en un contexto, teniendo en cuenta la selección del portafolio de instrumentos de pago del individuo.

Cabe destacar que los estimadores basados en simulación cambian sus propiedades y, por tanto, requieren supuestos restrictivos en los métodos clásicos que permitan garantizar su consistencia y eficiencia asintótica. La perspectiva bayesiana tiene ventajas, ya que suaviza los requerimientos y se basa principalmente en los datos observados de las encuestas. Adicionalmente, los estimadores bayesianos son precisos con muestras pequeñas.

El procedimiento establece distribuciones *a priori* sobre los parámetros que inciden sobre el uso y la adopción de los instrumentos de pago. Para nuestro propósito, asignamos la distribución normal con parámetros obtenidos de estudios anteriores. Por su parte, las distribuciones *a priori* para las varianzas siguen la distribución gamma. Con la información de las distribuciones *a priori* y con la función de verosimilitud obtenemos la distribución posterior de los parámetros relevantes.

22 Estadísticas descriptivas se presentan en el Anexo 8.

23 La función de verosimilitud en estadística es la función de probabilidad conjunta de una muestra aleatoria de observaciones. Suponiendo que las observaciones asociadas con un individuo siguen una distribución de probabilidad específica (con parámetros determinados), esta función indica cuán probable es un determinado conjunto de observaciones, dependiendo de distintos valores de los parámetros.

Efectuamos la estimación de los parámetros del modelo en dos etapas. En la primera utilizamos técnicas de simulación para evaluar la función de verosimilitud. En la segunda formamos la distribución posterior conjunta de los parámetros del modelo, combinando la función de verosimilitud con las correspondientes distribuciones a priori. La estimación en esta etapa se realiza con los métodos de simulación de Montecarlo basados en las cadenas de Markov (MCMC).

Específicamente, en la primera etapa, dado que la función de verosimilitud es intratable debido a que las integrales no se pueden evaluar analíticamente, utilizamos los métodos de simulación con los cuales construimos los valores de los factores no observables asociados con la elección del portafolio y con la utilidad indirecta en el uso de cada instrumento.

La función de verosimilitud para el individuo i está dada por:

$$\mathcal{L}_i(y_i^*, b_i^* | \beta, b, \Sigma) = \int_{v_i} \int_{\omega_i} Pr(y_i^*, b_i^* | \beta, b, \Sigma, v_i, \omega_i) f(v_i, \omega_i) d\omega_i dv_i, \quad (A9.2)$$

donde simulamos las componentes de error v_{ijc} y ω_{ij} suponiendo que:

$$v_{ijc} = \sigma^1 \varepsilon_{ijc}^1 + \sigma_j^2 \varepsilon_{ij}^2 + \sigma_c^3 \varepsilon_{ic}^3$$

$$\omega_{ij} = \sigma_j^4 \varepsilon_{ij}^4 + \sigma_j^5 \varepsilon_{ij}^5$$

donde se admiten posibles correlaciones entre instrumentos y contextos con el fin de permitir efectos sustitución o complementariedad. Estos valores simulados se introducen tanto en δ_{ijc} como en para λ_{ij} para construir valores simulados de la ecuación A9.1 y calcular numéricamente las integrales de la ecuación A9.2.

En la segunda etapa, el procedimiento bayesiano provee las muestras de los parámetros de la distribución posterior conjunta:

$$P(\beta, b, \Sigma | y) \propto \prod \mathcal{L}_i(y_i^*, b_i^* | \beta, b, \Sigma) g(\beta, b | \Sigma) h(\Sigma)$$

g y h son las distribuciones a priori de los parámetros del modelo de acceso y uso.

Las distribuciones *a priori* para los vectores de coeficientes las definimos de la siguiente forma:

$$\beta_j \sim Normal(\mu_{0\beta}, \Omega_{0\beta})$$

$$b_j \sim Normal(\mu_{0b}, \Omega_{0b})$$

$$j = \text{efectivo, tarjeta débito, tarjeta crédito.}$$

Los elementos de la matriz de varianzas y covarianzas siguen la distribución tradicional utilizada en la literatura:

$$\Sigma \sim Gamma\text{ inversa}(v_0, v_0 \sigma_0^2 / 2)$$

Escogimos los hiperparámetros de las distribuciones *a priori* de acuerdo con estudios anteriores sobre incidencia de los factores en el acceso y uso de tarjetas débito y crédito y con creencias de los expertos (cuadros A9.1 y A9.2).

Cuadro A9.1

Valores de los hiperparámetros (media de la distribución normal *a priori*) asociados con las variables que afectan los beneficios netos de usar los distintos instrumentos de pago en el punto de venta (x_{ijc})

Número	Descripción de la variable	Priors para los parámetros de cada instrumento de pago		
		Efectivo	Débito	Crédito
p1	Edad del individuo i	0,00	-0,50	0,90
p2	Edad del individuo i , al cuadrado	0,00	-0,90	-0,70
p3	Sexo del individuo i (hombre = 1)	0,00	-0,70	0,70
	Nivel educativo del individuo i			
p4	Bachillerato técnico	-0,50	-0,50	-0,80
p5	Técnico universitario	-0,80	0,90	0,90
p6	Universitario	-0,50	0,70	0,50
p7	Estrato económico del individuo i	-0,50	0,90	0,80
p8	Horas de trabajo a la semana del individuo i	0,00	0,90	0,90
p9	Estado de la ocupación del individuo i (desocupado = 1)	-0,60	-0,90	-0,60
p10	Informal	0,00	-0,40	-0,90
p11	Ingreso del individuo i	0,00	0,90	0,70
p12	Índice de sofisticación tecnológica para el individuo i	-0,60	0,80	1,10
p13	Percepción de facilidad de uso del instrumento de pago j para el individuo i	-0,20	0,90	1,00
p14	Percepción de control de gastos del instrumento de pago j para el individuo i	0,00	1,20	0,80
p15	Percepción de costo relativo del instrumento de pago j con relación al efectivo para el individuo i	0,00	-1,20	-1,20
p16	Índice de aceptación de instrumento de pago j para el individuo i en el contexto c	-0,80	0,90	0,80
p17	Valor promedio de la última transacción del individuo i con el instrumento de pago j en el contexto c	-0,50	0,00	0,90
p18	Número de personas por hogar	0,10	-0,90	-0,50

Nota: escogimos los valores de los hiperparámetros para la varianza de la distribución normal entre diez y veinte veces más grandes que la media de la distribución *a priori*.
Fuente: elaboración de los autores.

Cuadro A9.2

Valores de los hiperparámetros (media de la distribución normal *a priori*) asociados a las variables que afectan los costos de acceso a los distintos instrumentos de pago (z_{ij})

Número	Descripción de la variable	Priors para los parámetros de cada instrumento de pago		
		Efectivo	Débito	Crédito
p1	Edad del individuo i	0,00	0,60	0,60
p2	Edad del individuo i , al cuadrado	0,00	-0,60	-0,60
p3	Sexo del individuo i (hombre = 1)	0,00	0,20	0,70
	Nivel educativo del individuo i			
p4	Bachillerato técnico	-0,60	0,00	0,00
p5	Técnico universitario	-0,40	0,40	0,90
p6	Universitario	0,00	0,70	0,70
p7	Estrato económico del individuo i	0,00	0,80	0,80
p8	Horas de trabajo a la semana del individuo i	-0,50	0,50	0,50
p9	Estado de la ocupación del individuo i (desocupado = 1)	0,00	0,30	0,00

Cuadro A9.2 (continuación)

Valores de los hiperparámetros (media de la distribución normal *a priori*) asociados a las variables que afectan los costos de acceso a los distintos instrumentos de pago (z_{ij})

Número	Descripción de la variable	Priors para los parámetros de cada instrumento de pago		
		Efectivo	Débito	Crédito
p9	Estado de la ocupación del individuo i (desocupado = 1)	0,00	0,30	0,00
p10	Informal	0,70	-0,80	-0,80
p11	Ingreso del individuo i	-0,50	0,80	0,80
p15	Número de individuos en el hogar	0,50	0,60	0,60
p12	Índice de sofisticación tecnológica para el individuo i	-0,20	0,80	0,20
p13	Percepción de acceder a otros productos financieros por tener cuentas o tarjeta de crédito para el individuo i	-0,20	0,80	0,80
p14	Percepción de facilidad de acceso al instrumento de pago j para el individuo i	-0,20	0,80	0,70
p16	Percepción relativa de facilidad de uso	-0,50	0,50	0,50
p17	Percepción relativa de control del gasto	-0,50	0,50	0,50

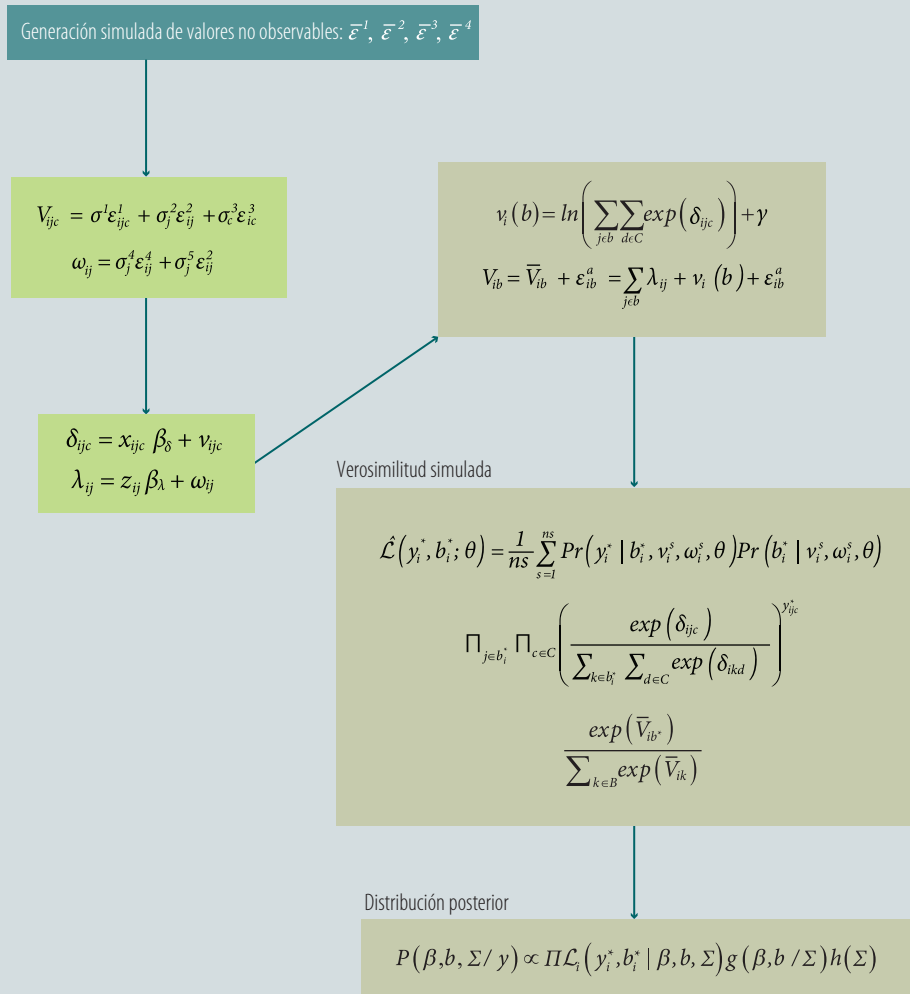
Nota: escogimos los valores de los hiperparámetros para la varianza de la distribución normal entre diez y veinte veces más grandes que la media de la distribución *a priori*.
Fuente: cálculos de los autores.

Con los datos de las encuestas y las distribuciones *a priori* especificadas, utilizamos el algoritmo de Metropolis-Hasting para aproximar la distribución posterior de los parámetros.

A continuación, en el Diagrama A9.1, se describen las dos etapas del método de estimación, el cual integra la simulación de la verisimilitud y la estimación bayesiana:

Diagrama A9.1

Estimación bayesiana con función de verosimilitud simulada del modelo de acceso y uso a instrumentos de pago



Nota: el proceso de estimación empieza con la generación simulada de valores para los factores no observados asociados con la utilidad indirecta de cada instrumento de pago δ_{j_c} y con los costos de adopción λ_j . Con estos valores y con las observaciones de la muestra con respecto a los factores que inciden en estas dos dimensiones (x_{j_c} y z_j) simulamos valores para la probabilidad de observar el vector de transacciones y_i^* con distintos instrumentos de pago y el portafolio b_i^* seleccionado por un individuo en la muestra $Pr(y_i^*, b_i^* | \theta)$. De esta manera construimos la función simulada de verosimilitud. En la segunda etapa, utilizamos el método bayesiano simulado para obtener la distribución de los parámetros del modelo dadas las observaciones de la muestra: $P(\beta, b, \Sigma | y)$.

Fuente: elaboración de los autores.

Anexo 10

Resultados de las estimaciones bayesianas de los parámetros del modelo de acceso y uso a instrumentos de pago por los consumidores urbanos

En este anexo presentamos los resultados de las estimaciones bayesianas del modelo discutido en la sección 3.1 y que se explica en detalle en el Anexo 9. Primero, presentamos algunos estadísticos de la distribución de las variables explicativas

(Cuadro A10.1). Luego, presentamos dos conjuntos de resultados. En los cuadros A10.2 y A10.3 reportamos los estimativos de las distribuciones y en los gráficos A10.1 y A10.2 representamos estas distribuciones para facilitar su interpretación.

Cuadro A10.1

Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en la modelación del acceso y uso de instrumentos por los consumidores urbanos

Descripción	Mínimo	Media	Mediana	Máximo
Edad	18	40,3	39	88
Sexo (hombre = 1)	0	0,4	0	1
Sin bachillerato	0	0,2	0	1
Bachillerato técnico	0	0,4	0	1
Técnico universitario	0	0,2	0	1
Estrato económico	1	1,7	2	3
Horas de trabajo a la semana	1	2,9	3	5
Estado de ocupación (desocupado = 1)	0	0,2	0	1
Informal	0	0,2	0	1
Ingreso del individuo (log)	12,8	13,9	13,9	16,1
Índice de sofisticación tecnológica para el individuo i	1	1,4	1	3
Percepción de facilidad de uso del instrumento de pago j para el individuo i	1	5	6	6
Percepción de control de gastos del instrumento de pago j para el individuo i	1	4,2	5	6
Percepción de costo relativo del instrumento de pago j con relación al efectivo para el individuo i	1	4	3,5	6
Índice de aceptación del instrumento de pago j para el individuo i en el contexto c	0,0	4,3	4,5	7,6
Valor promedio de la última transacción que realizó el individuo i utilizando el instrumento de pago j en el contexto c	8	11,9	11,9	16,2
Número de individuos en el hogar	0	3,9	4	14
Percepción de posibilidad de acceder a otros productos financieros por tener cuentas o tarjeta de crédito para el individuo i	1	6,5	5	98
Percepción de facilidad de acceso al instrumento de pago j para el individuo i	1	4,8	5	6
Percepción relativa de facilidad de uso	0	0,1	0,1	1
Percepción relativa de control del gasto	0	0,2	0,1	1

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A10.2

Distribuciones posteriores de los parámetros para las variables que afectan los beneficios netos de usar los distintos instrumentos de pago en el punto de venta (x_{ijc})

	Instrumentos de pago											
	Efectivo				Tarjeta débito				Tarjeta crédito			
	HPDL	Media	Mediana	HPDU	HPDL	Media	Mediana	HPDU	HPDL	Media	Mediana	HPDU
Constante	-1,17	-0,01	-0,01	1,06	-1,30	-0,01	-0,02	1,14	-2,02	-0,79	-0,78	0,29
Edad del individuo i	-0,82	0,23	0,25	1,31	-1,33	-0,49	-0,50	0,32	0,14	1,00	0,99	1,98
Edad del individuo i , al cuadrado	-1,04	0,01	0,00	1,00	-1,94	-0,96	-0,97	-0,07	-2,05	-0,98	-0,99	0,35
Sexo del individuo i	-0,98	0,06	0,07	1,05	-1,90	-0,95	-0,94	-0,05	-0,35	0,76	0,77	1,96
Bachillerato técnico	-1,45	-0,48	-0,48	0,47	-1,77	-0,53	-0,55	0,67	-1,94	-0,97	-0,97	-0,06
Técnico universitario	-1,98	-0,97	-0,96	-0,07	0,02	1,03	1,05	2,04	-0,10	0,86	0,84	1,88
Universitario	-1,28	-0,33	-0,32	0,58	-0,07	0,85	0,85	1,78	-0,74	0,45	0,42	1,58
Estrato del individuo i	-1,44	-0,53	-0,53	0,35	-0,03	0,89	0,89	1,81	0,00	0,90	0,90	1,83
Horas de trabajo a la semana del individuo i	-1,03	-0,06	-0,05	0,98	-0,05	0,88	0,88	1,85	0,30	1,20	1,19	2,09
Estado de la ocupación del individuo i (desocupado = 1)	-1,35	-0,36	-0,36	0,75	-1,78	-0,89	-0,89	0,04	-1,76	-0,62	-0,62	0,49
Informal	-0,95	0,19	0,16	1,32	-1,65	-0,76	-0,76	0,23	-1,69	-0,80	-0,80	0,19
Ingreso del individuo i	-1,11	-0,07	-0,09	0,98	0,72	1,98	1,97	2,97	0,06	0,96	0,94	1,90
Índice de sofisticación tecnológica para el individuo i	-1,65	-0,65	-0,65	0,59	-0,15	0,78	0,80	1,64	0,40	1,32	1,32	2,22
Percepción de facilidad de uso del instrumento de pago j para el individuo i	-1,11	-0,10	-0,10	0,98	-0,11	0,83	0,82	1,76	0,30	1,16	1,15	2,19
Percepción de control de gastos del instrumento de pago j para el individuo i	-1,14	-0,01	0,01	0,96	0,68	1,82	1,80	3,05	-0,45	0,76	0,77	1,80
Percepción de costo relativo del instrumento de pago j con relación al efectivo para el individuo i	-0,96	0,10	0,12	1,09	-2,10	-1,15	-1,13	-0,15	-2,04	-1,13	-1,14	-0,17
Índice de aceptación del instrumento de pago j para el individuo i en el contexto c	-2,25	-1,07	-1,07	0,07	0,04	0,99	0,97	1,87	-0,72	0,46	0,45	1,65
Valor promedio de la última transacción que realizó el individuo i utilizando el instrumento de pago j en el contexto c	-1,44	-0,56	-0,56	0,33	-1,21	-0,07	-0,10	1,11	-0,15	-0,07	-0,10	1,84
Número de personas por hogar	-1,19	0,09	0,09	1,24	-1,77	-0,89	-0,92	0,08	-1,97	-0,89	-0,92	-0,07

Nota: HPDL y HPDU son los valores inferiores y superiores del intervalo de la distribución posterior, el cual indica una seguridad de 90% que los parámetros están dentro de este. El grupo base de las categorías de educación es "bachillerato incompleto", en la *dummy* de estado de ocupación "desocupado" toma el valor de 1, y en la *dummy* sobre si el trabajo es formal o informal, "informal" toma el valor de 1.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A10.3

Distribuciones posteriores de los parámetros para las variables que afectan los costos de acceso a los distintos instrumentos de pago (z_{ij})

	Instrumentos de pago											
	Efectivo				Tarjeta débito				Tarjeta crédito			
	HPDL	Media	Mediana	HPDU	HPDL	Media	Mediana	HPDU	HPDL	Media	Mediana	HPDU
Constante	-0,75	0,32	0,31	1,39	-1,19	0,01	0,02	1,16	-1,09	0,07	0,09	1,20
Edad del individuo i	-0,66	0,30	0,30	1,31	0,04	0,92	0,93	1,82	-0,51	0,59	0,59	1,79
Edad del individuo i , al cuadrado	-1,37	-0,29	-0,28	0,90	-1,60	-0,54	-0,54	0,40	-1,66	-0,67	-0,68	0,41
Sexo del individuo i	-0,90	0,18	0,17	1,22	-0,06	0,90	0,91	1,85	-0,45	0,66	0,63	1,82
Bachillerato técnico	-0,84	0,19	0,20	1,39	-1,29	-0,34	-0,33	0,68	-0,38	0,53	0,53	1,49
Técnico universitario incompleto	-1,70	-0,79	-0,79	0,20	-0,10	0,90	0,91	1,80	-0,09	0,85	0,87	1,76
Universitario	-0,18	0,73	0,73	1,80	-0,15	0,77	0,78	1,78	-0,01	0,96	0,96	1,84
Estrato del individuo i	-0,86	0,35	0,33	1,62	-0,29	0,88	0,88	1,98	-0,04	0,89	0,90	1,87
Horas de trabajo a la semana del individuo i	-1,91	-0,91	-0,93	0,00	-0,30	0,85	0,81	1,87	-0,22	0,76	0,77	1,65
Desocupado	-0,87	0,12	0,13	1,20	-1,31	-0,07	-0,07	1,03	-1,68	-0,69	-0,68	0,25
Informal	-0,13	0,86	0,85	1,81	-1,88	-0,07	-0,07	0,07	-1,76	-0,82	-0,81	0,14
Ingreso del individuo i	-1,73	-0,77	-0,78	0,23	0,08	0,90	0,91	1,85	-0,27	0,69	0,69	1,73
Índice de sofisticación tecnológica para el individuo i	-1,96	-1,04	-1,06	-0,11	-0,09	0,86	0,86	1,69	-0,20	0,76	0,76	1,69
Percepción de posibilidad de acceder a otros productos financieros por tener cuentas o TC para el individuo i	-2,07	-1,14	-1,15	-0,15	-0,62	0,27	0,27	1,19	-0,08	0,81	0,81	1,73
Percepción de facilidad de acceso al instrumento de pago j para el individuo i	-1,79	-0,80	-0,79	0,15	-0,03	0,91	0,92	1,82	0,01	0,84	0,85	1,81
Número de individuos en el hogar	-0,19	0,86	0,86	1,85	-0,05	0,94	0,94	1,97	0,01	0,90	0,87	1,90
Percepción relativa de facilidad de uso	-1,76	-0,77	-0,78	0,13	0,13	0,99	1,01	1,86	-0,41	0,43	0,44	1,39
Percepción relativa de control del gasto	-1,79	-0,78	-0,80	0,23	0,03	0,87	0,86	1,89	0,06	0,96	0,96	1,85

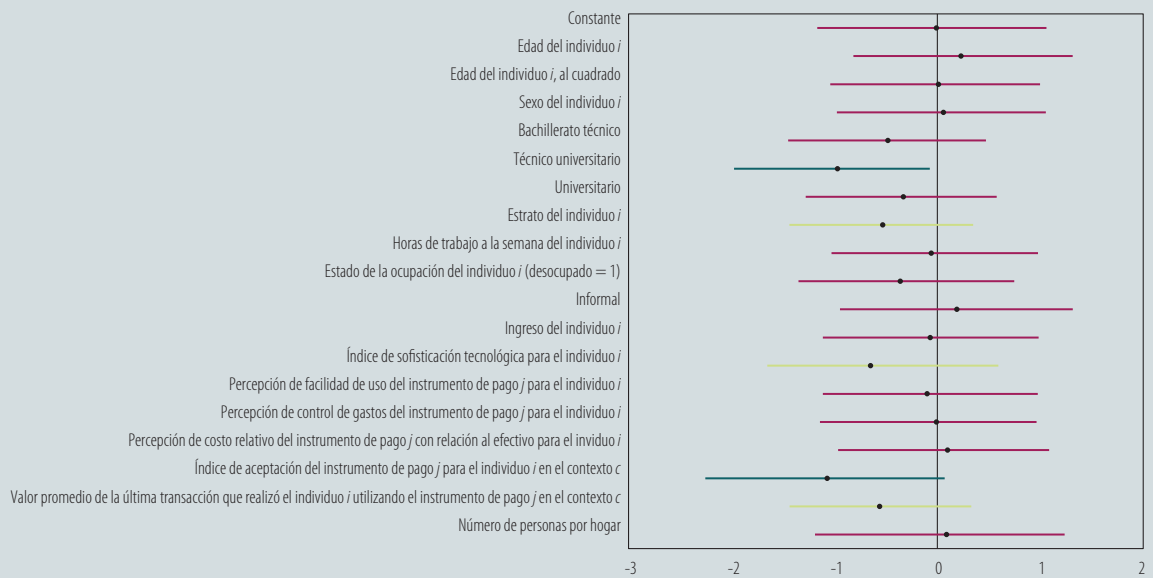
Nota: HPDL y HPDU son los valores inferiores y superiores del intervalo de la distribución posterior, el cual indica una seguridad de 90% que los parámetros están dentro de este. El grupo base de las categorías de educación es "bachillerato incompleto", en la *dummy* de estado de ocupación "desocupado" toma el valor de 1, y en la *dummy* sobre si el trabajo es formal o informal, "informal" toma el valor de 1. Los signos de los parámetros asociados con las variables z_{ij} que entran en λ_{ij} deben interpretarse de la siguiente manera: una variable con signo negativo indica que a medida que esta aumenta disminuye λ_{ij} , y, por tanto, aumentan los costos fijos de adopción.

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A10.1

Caterpillar de los parámetros para las variables que afectan los beneficios netos de usar los distintos instrumentos de pago en el punto de venta (x_{ijc})

A. Efectivo



B. Tarjeta débito

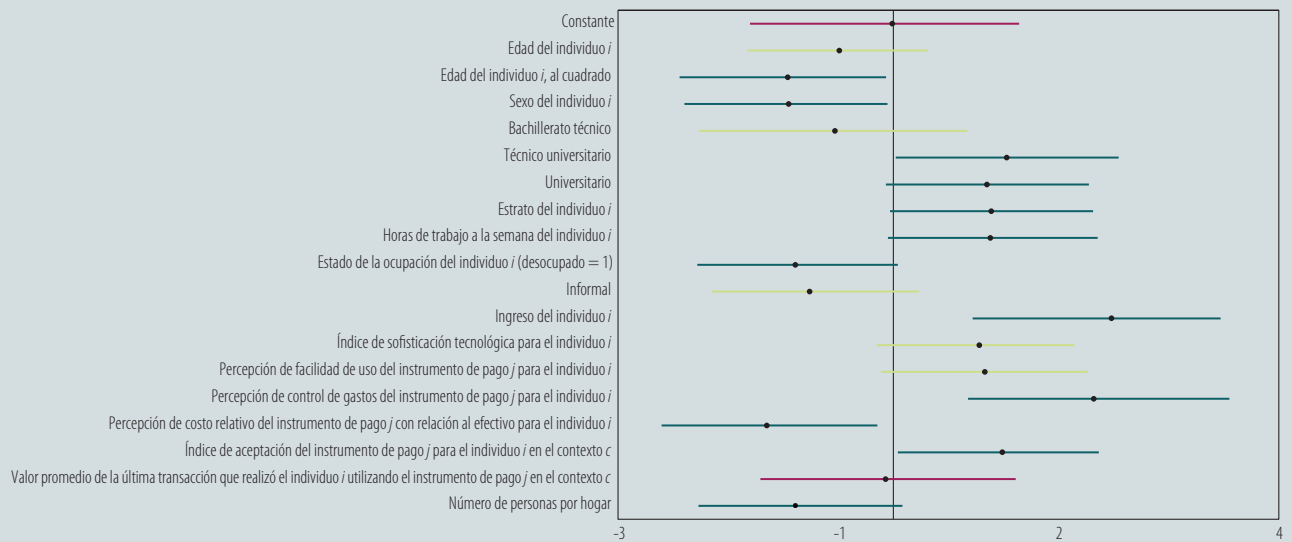
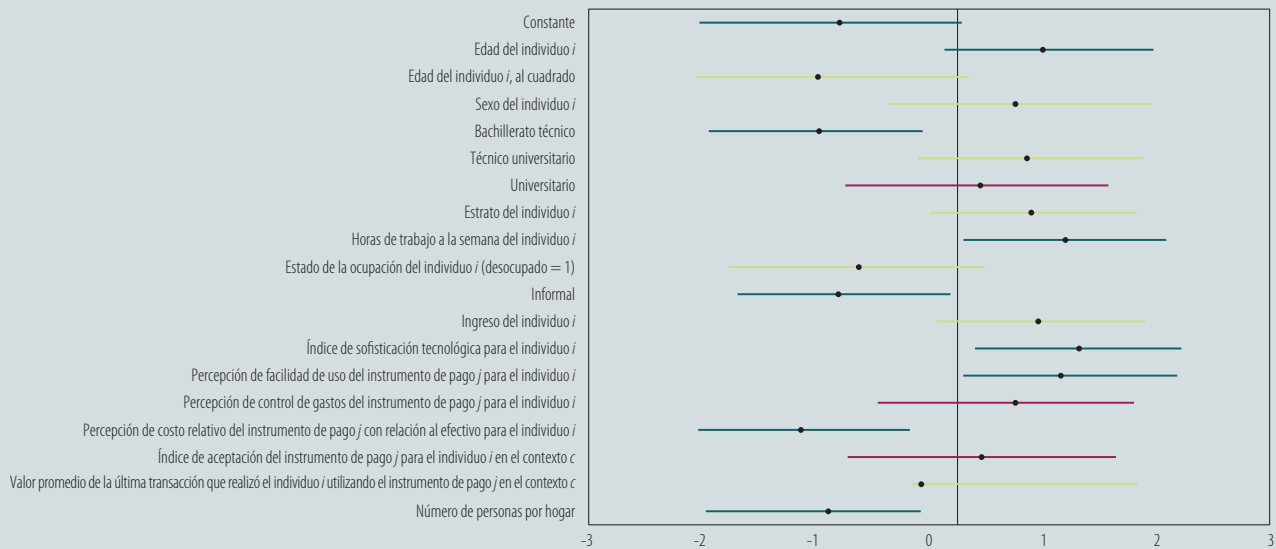


Gráfico A10.1 (continuación)

Caterpillar de los parámetros para las variables que afectan los beneficios netos de usar los distintos instrumentos de pago en el punto de venta (x_{ijc})

C. Tarjeta crédito



Nota: el *caterpillar* es un gráfico de barras de los intervalos de credibilidad de la distribución posterior de todos los parámetros del modelo. La línea de color verde oscuro sugiere alta evidencia de un efecto “significativo”; por su parte, la de color verde claro indica evidencia moderada y la de color fucsia representa insuficiente evidencia de efectos significativos.

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A10.2

Caterpillar de los parámetros para las variables que afectan los beneficios netos de los costos fijos de acceso a los distintos instrumentos de pago (z_{ij})

A. Efectivo

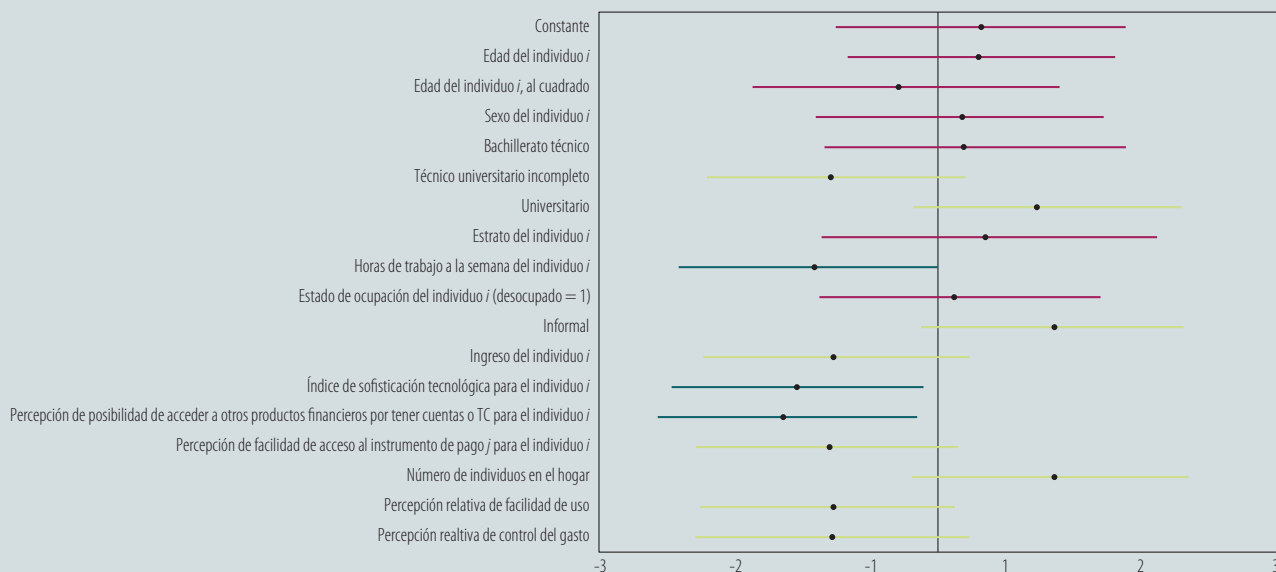
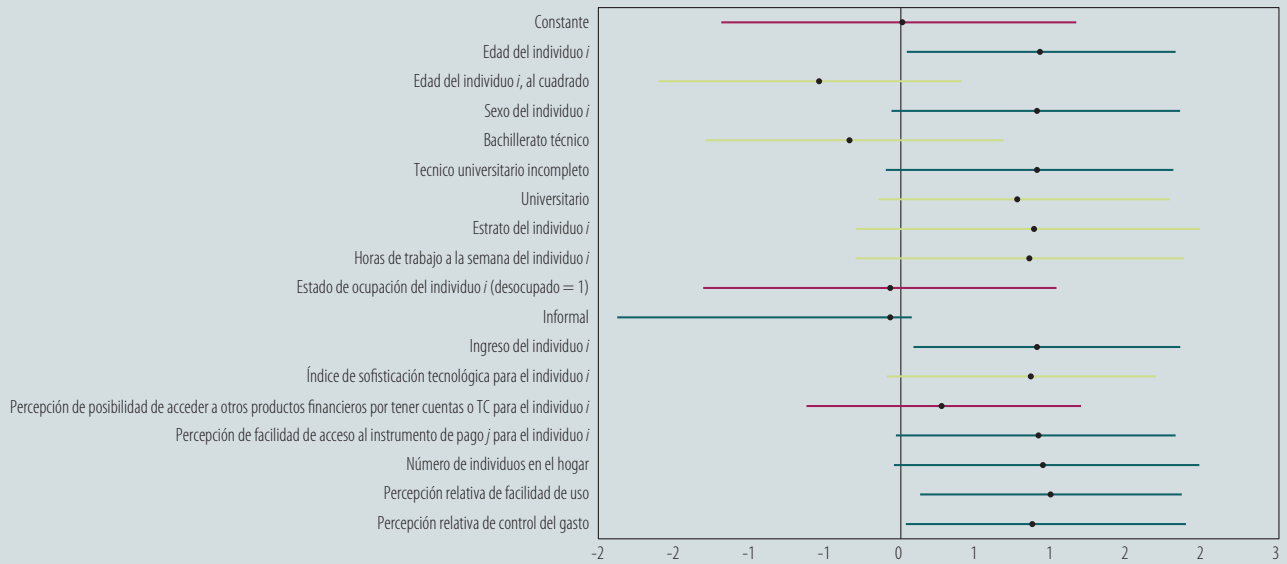


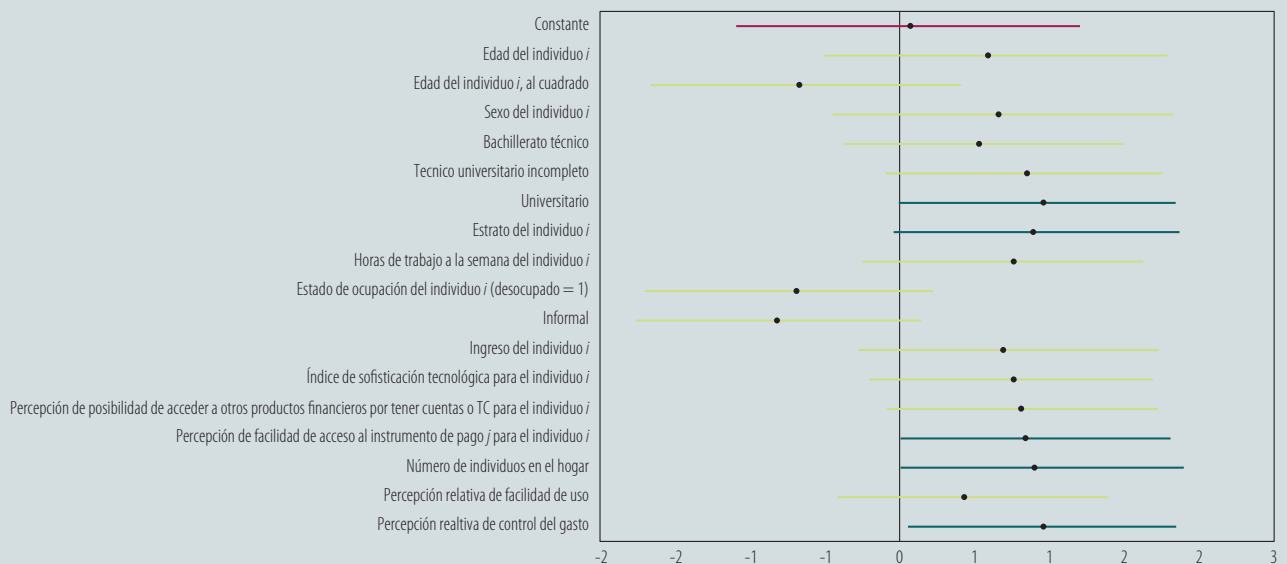
Gráfico A10.2 (continuación)

Caterpillar de los parámetros para las variables que afectan los beneficios netos de los costos fijos de acceso a los distintos instrumentos de pago (z_{ij})

B. Tarjeta débito



C. Tarjeta crédito



Nota: el *caterpillar* es un gráfico de barras de los intervalos de credibilidad de la distribución posterior de todos los parámetros del modelo. La línea de color verde oscuro sugiere alta evidencia de un efecto "significativo"; por su parte, la de color verde claro indica evidencia moderada y la de color fucsia representa insuficiente evidencia de efectos significativos. El grupo base de las categorías de educación es "bachillerato incompleto", en la *dummy* estado de ocupación "desocupado" toma el valor de 1, y en la *dummy* sobre si el trabajo es formal o informal, "informal" toma el valor de 1. Los signos de los parámetros asociados con las variables z_{ij} , que entran en λ_{ij} , deben interpretarse de la siguiente manera: una variable con signo negativo indica que a medida que esta aumenta disminuye λ_{ij} y, por tanto, aumentan los costos fijos de adopción. Fuente: cálculos de los autores.