

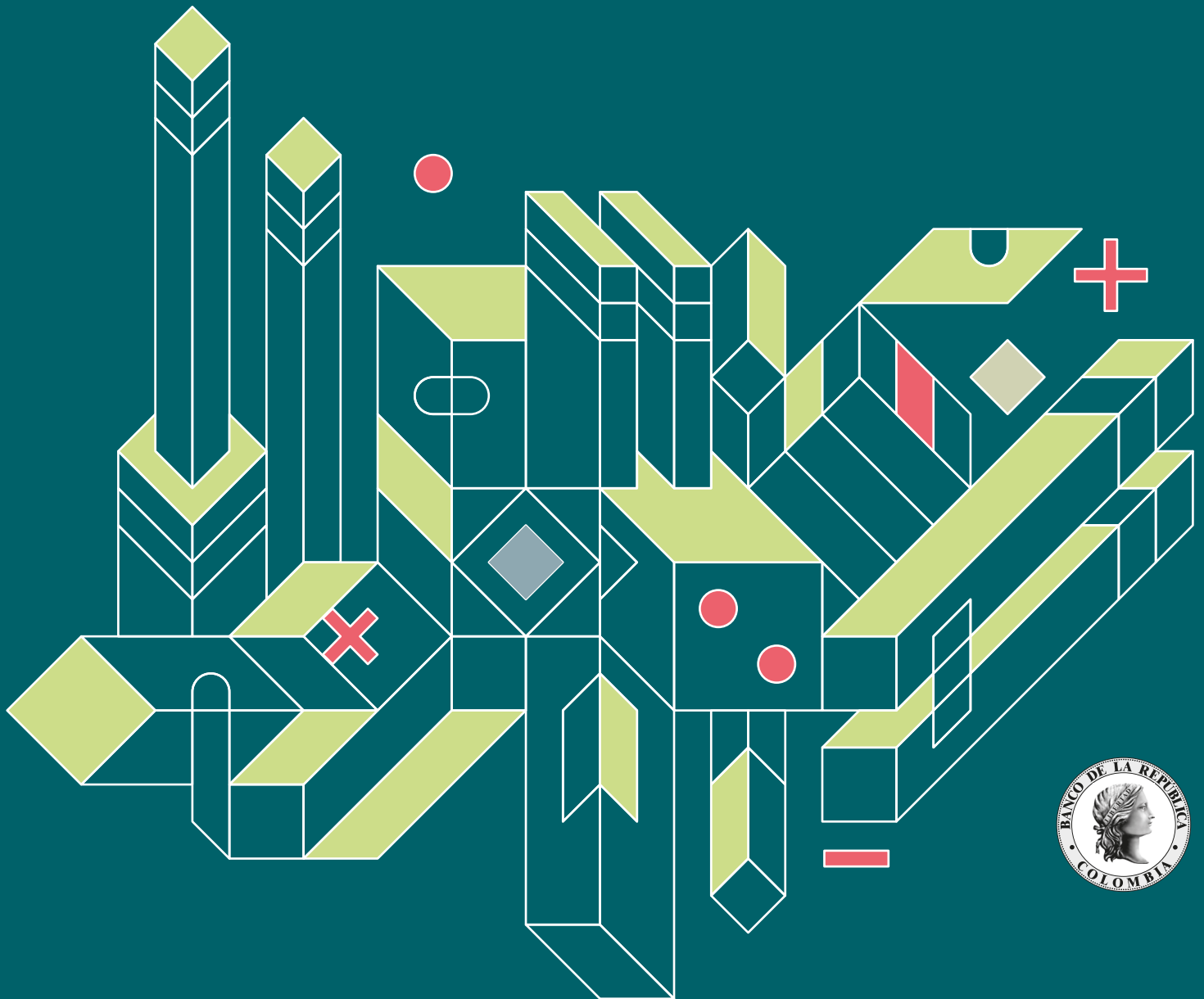
espe

Ensayos sobre
Política Económica

02/2019

Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia

núm. 89

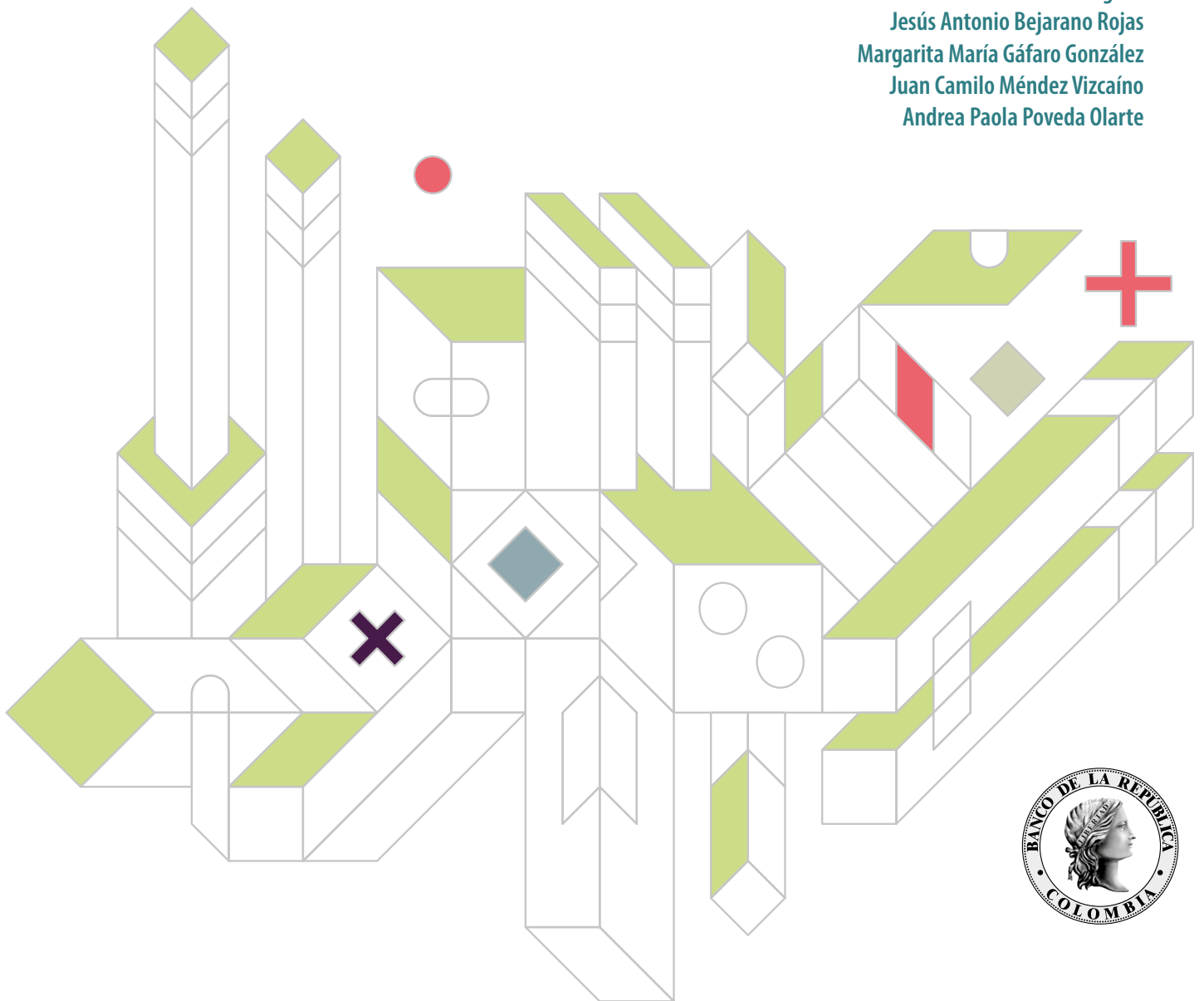


espe

Ensayos sobre
Política Económica

Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia

Franz Hamann (coordinador)
Fernando Arias Rodríguez
Jesús Antonio Bejarano Rojas
Margarita María Gáfaró González
Juan Camilo Méndez Vizcaíno
Andrea Paola Poveda Olarte



Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia

Autores

Franz Hamann (coordinador)

Fernando Arias Rodríguez

Jesús Antonio Bejarano Rojas

Margarita María Gáfaró González

Juan Camilo Méndez Vizcaino

Andrea Paola Poveda Olarte

© 2019, Banco de la República

ISSN 2665-1327 (en línea)

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.

Hamann, Franz; Arias, Fernando; Bejarano, Jesús; Gáfaró, Margarita; Méndez, Juan Camilo; Poveda, Andrea Paola (2019). "Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia", Ensayos sobre Política Económica (ESPE), núm. 89, febrero, DOI: 10.32468/espe.89

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 y diagramación

María Fernanda Latorre

Corrección de estilo

Nelson Rodríguez

Preparación editorial

Andrea Clavijo

Sección Gestión de Publicaciones

Departamento de Servicios Administrativos

Banco de la República

CONTENIDO

1. Productividad en el sector no agrícola **7**

2. Productividad en el sector agrícola **15**

3. Conclusiones **26**

Referencias **28**

Anexos **31**

Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia

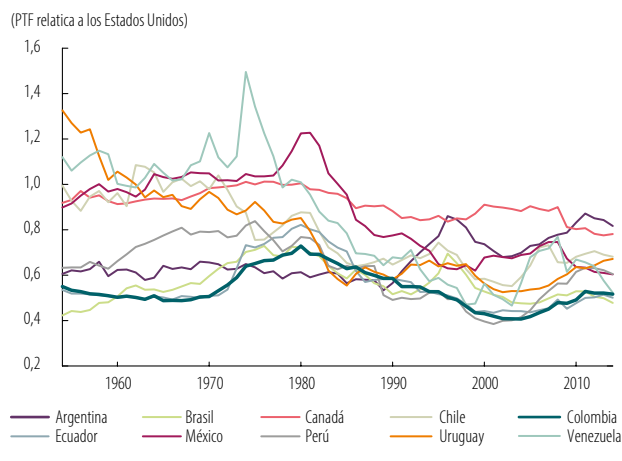
El bajo nivel de ingreso de los países de América Latina frente a los desarrollados ha sido atribuido a la baja productividad de sus economías (Cole *et al.*, 2006; Caselli, 2005; Hall y Jones, 1999; Klenow y Rodríguez-Clare, 2005). Una medida ampliamente utilizada en la academia para aproximar el nivel de productividad de una economía es la productividad total de los factores (PTF). La PTF es un indicador de la capacidad de una economía para combinar sus recursos productivos disponibles, como el tiempo de las personas (trabajo calificado y no calificado), las máquinas y la infraestructura (capital) y otros recursos (como la tierra o recursos naturales) para producir bienes y servicios. Si dos economías emplean exactamente la misma cantidad de recursos productivos, la economía con una PTF más alta alcanza una mayor producción de bienes y servicios. El Gráfico 1 muestra la evolución de la PTF de varios países relativa a la PTF de los Estados Unidos en los últimos sesenta años. Colombia exhibe uno de los niveles más bajos de productividad de América Latina en términos relativos frente a los Estados Unidos: entre 1951 y 2015 la productividad de Colombia es, en promedio, apenas un poco más de la mitad de la de los Estados Unidos. Esta inmensa brecha en los niveles de productividad se traduce en grandes diferencias en los niveles de ingreso entre los países. ¿Qué factores pueden estar detrás de esta brecha? ¿Por qué a lo largo de seis décadas esta brecha de PTF parece estable? En este artículo de *Ensayos sobre Política Económica* buscamos avanzar en el entendimiento de este problema, que consideramos uno de los principales desafíos económicos en Colombia.

Existe una amplia literatura acerca de las diferencias entre los niveles de ingreso y de productividad de los países (Acemoglu, 2009). Una rama importante de la literatura ha hecho énfasis en que en el agregado la economía exhibe rendimientos constantes a escala y las unidades productivas son homogéneas. En ellas, la inversión agregada y el empleo en la acumulación de capital físico y humano para la producción de bienes y servicios, al igual que sus precios agregados (el nivel de precios, el rendimiento del capital y los salarios) adquieren un papel central. Pequeñas disparidades en las tasas de crecimiento de la productividad agregada (de uno o dos puntos porcentuales) se traducen en grandes diferencias en los niveles de productividad uno o dos siglos más tarde. La contribución de esta literatura al problema del desarrollo y el crecimiento es ampliamente reconocida desde las contribuciones de Solow, a mediados de los años cincuenta.

Más recientemente, otra rama importante de la literatura, motivada por las ideas de De-Soto (1989), ha hecho énfasis en la función de las políticas públicas y las instituciones en la explicación de las grandes diferencias de productividad e ingreso entre países. La evidencia encontrada en los últimos años apunta a que no solo la brecha en la disponibilidad de las tecnologías con las que las firmas producen en países desarrollados frente a los menos desarrollados (Baily *et al.*, 1992) es la que explica las diferencias de ingresos. Estos hallazgos, junto con desarrollos teóricos recientes que han facilitado la comprensión de la macroeconomía como el resultado de la interacción

Gráfico 1 Productividad total de los factores (relativa a los Estados Unidos)

Entre 1951 y 2015 la productividad de Colombia es, en promedio, apenas un poco más de la mitad de la de los Estados Unidos.



Nota: este gráfico muestra que el nivel de productividad de Colombia relativa a la productividad de los Estados Unidos ha sido baja en los últimos sesenta años, si se le compara con el mismo indicador para un conjunto de países de la región. Fuentes: Penn World Table (versión 9,0) y Feenstra *et al.* (2015); cálculos de los autores.

de agentes económicos heterogéneos, han permitido cuantificar la productividad agregada de la economía. Dado que estas teorías permiten diferenciar los niveles *individuales* de productividad de las firmas (Hopenhayn, 1992; Hopenhayn y Rogerson, 1993) de los niveles de productividad *agregados*, se ha facilitado el estudio de los potenciales efectos de las diferentes clases de políticas públicas y las instituciones en la macroeconomía y su impacto en la PTF y en la producción.

Las políticas públicas y las instituciones alteran los precios relativos de la economía (los precios de los bienes y servicios, el trabajo, el capital y la tierra) y pueden ocasionar grandes diferencias de productividad. Dado que los precios relativos actúan como señales y estímulos para los agentes económicos, estas políticas e instituciones pueden causar distorsiones significativas en la asignación de los recursos dentro de una economía. Una asignación ineficiente de recursos puede manifestarse en grandes brechas de ingreso entre países (Hsieh y Klenow, 2009), pues los recursos terminan siendo empleados en actividades menos productivas. Una lista corta de la clase de políticas e instituciones que afectan la asignación de recursos en las economías son: costos para crear y cerrar un negocio formal (Djankov *et al.*, 2002); impuestos a las firmas más productivas y exenciones o subsidios a las improductivas (Restuccia y Rogerson, 2008); barreras a la competencia (Cole *et al.*, 2006); fricciones en

los mercados financieros (Shin y Buera, 2007; Midrigan y Xu, 2014; Moll, 2014); al igual que derechos monopólicos sobre alguna clase de actividad económica típicamente asignados para favorecer intereses particulares (Prescott y Parente, 1999). Otras, como la ausencia del cumplimiento de la ley, que se manifiesta en mayor criminalidad o disputas legales (Ranasinghe y Restuccia, 2018); la corrupción y desviación de recursos; las barreras comerciales para favorecer ciertos grupos de interés (Chu, 2002), entre algunos factores, pueden afectar de forma significativa la manera como una economía asigna los recursos entre sus unidades productivas, causando que unidades de baja productividad intrínseca terminen empleando una gran cantidad de recursos, mientras que otros con más alta productividad intrínseca resultan operando a escalas significativamente inferiores.

A esta clase de políticas e instituciones se les llama “distorsiones”, porque causan una discrepancia frente a la asignación de recursos que resultaría en una economía libre de la presencia de aquellos fenómenos. Vale la pena mencionar que dentro de esta lista de distorsiones al funcionamiento de la economía existen básicamente dos clases: una, que afecta a todas las unidades productivas de forma más o menos homogénea, como por ejemplo la criminalidad, y otra clase de distorsiones, las cuales recaen más sobre cierto tipo de unidades productivas; por ejemplo, la regulación tributaria, que afecta más a las firmas formales que a las informales (Cuadro 1)¹. Al comparar el efecto de las distorsiones en la asignación de recursos dentro del sector no agrícola sobre el ingreso per cápita entre países, se encuentra que cerca del 60%

1 El papel de las exenciones tributarias a un conjunto de firmas con cierto número de empleados ha sido estudiado por (Guner *et al.*, 2008); el del acceso al crédito y efectividad del estado de derecho por (Ranasinghe y Restuccia, 2018). Este último estudio explica qué tan efectivas son las instituciones de un país para evitar actividades criminales.

Cuadro 1 Obstáculos para hacer negocios en cada subcontinente

Los establecimientos productivos enfrentan dos tipos de distorsiones: aquellas que las afectan de manera homogénea sin importar ubicación geográfica y aquellas que recaen de manera diferencial y que son sujetas a las condiciones que las rodean

	Acceso a mercados financieros	Actividades criminales	Informalidad	Administración de impuestos
África (subsahariana)	41	26	41	29
Centroamérica	33	29	29	23
Colombia	41	33	55	29
Asia Oriental y Pacífico	13	29	17	13
Europa y Asia Central	17	14	20	17
Medio Este y Norte de África	32	9	28	21
Suramérica	23	22	37	28
Asia del Sur	27	18	20	19

Nota: el cuadro resume el porcentaje de establecimientos que encuentran al acceso a mercados financieros, las actividades criminales, la informalidad y la administración de impuestos como el principal o uno de los principales obstáculos para su operación en cada una de las áreas geográficas seleccionadas.

Fuentes: datos de la más reciente encuesta para cada país del WBES 2006-17 y Ranasinghe y Restuccia (2018).

de la varianza de la distribución de ingresos entre países es explicada por una asignación no eficiente de los recursos (Alfaro *et al.*, 2008)².

Este artículo cuantifica la importancia de las dos clases de distorsiones mencionadas. Si bien las herramientas que empleamos no nos permiten establecer con precisión si es la criminalidad, la regulación tributaria o las barreras a la competencia la principal causa de la baja productividad, sí nos permiten tener una idea de la importancia relativa de las distorsiones agregadas frente a las individuales³.

Para este propósito usamos diversas fuentes de información tanto urbana como rural, y recurrimos a las teorías económicas más recientes. Empleamos información estadística de las firmas en las ciudades y de las fincas en el campo. Para el ámbito urbano empleamos la información de establecimientos contenida en las encuestas manufacturera, de comercio, de servicios y de microestablecimientos entre 2010 y 2016. A diferencia de estudios previos sobre productividad que se enfocan exclusivamente en la industria manufacturera, el presente trabajo utiliza información consolidada de las cuatro encuestas para tener un panorama agregado de los establecimientos urbanos. Para el ámbito rural empleamos el *Censo nacional agropecuario* (DANE, 2014), el cual recopila gran variedad de información por finca (unidades de producción agropecuarias: UPA). Una vez recolectada la información urbana y rural, empleamos dos modelos teóricos que nos permiten crear dos economías artificiales que comparten ciertas características de la economía colombiana, para poder realizar los cálculos de la productividad y cuantificar las diferencias.

La primera economía, descrita en detalle en Restuccia y Rogerson (2008), es una para la cual se supone que no existe diferencia entre las actividades agrícola y no agrícola. Dado que este modelo es al tiempo una teoría de la determinación de la

2 Esta distribución de ingresos fue construida para 79 países dentro de los cuales se incluye Colombia.

3 Distorsiones agregadas son aquellas que afectan a todas las firmas por igual, sin importar el nivel de habilidad (o productividad) de los empresarios, mientras que las distorsiones individuales son aquellas cuya magnitud depende del nivel de productividad de las firmas.

PTF agregada, podemos emplearlo para medir qué tan importantes pueden llegar a ser las distorsiones individuales frente a las distorsiones agregadas para explicar los diferenciales entre la PTF de Colombia y los Estados Unidos. La forma como lo hacemos es abstracta y se explica en el Anexo 1, pero en resumen consiste en tomar la distribución de habilidades de los empresarios de los Estados Unidos y enfrentarla a los factores propios de la economía colombiana. La capacidad explicativa del modelo radica en poder reproducir el diferencial de PTF entre Colombia y los Estados Unidos, dado el tamaño observado de las firmas⁴.

La segunda economía, descrita en detalle en Adamopoulos y Restuccia (2014), se enfoca en factores propios del sector rural y su interacción con el resto de la economía. Con este modelo realizamos un ejercicio similar al anterior. Nuestro interés es tomar la distribución de las habilidades de los agricultores estadounidenses y enfrentarlos al grupo de distorsiones propias de la economía colombiana. La capacidad explicativa del modelo radica en poder reproducir el diferencial de productividades y el tamaño de las fincas entre Colombia y los Estados Unidos.

Lo que resta de este documento está organizado en dos partes. En la primera se analiza el sector no agrícola y en la segunda el sector agrícola. Nuestros hallazgos apuntan, acorde con otros estudios internacionales, a que en el caso del sector no agrícola las distorsiones individuales son más importantes que las agregadas y que ambas explican la mayor parte de los diferenciales en la PTF. En el caso del sector agrícola la contribución de las distorsiones individuales es al menos tan importante como el de las agregadas. Nuestra interpretación es que, si bien el efecto de las distorsiones agregadas es cuantitativamente importante, solo es posible explicar el que Colombia sea la mitad de productiva por la presencia de distorsiones individuales. En otras palabras, la posible existencia de ineficiencias en las instituciones colombianas afecta el desempeño de los más productivos, pues los efectos en ellos son considerables.

1. Productividad en el sector no agrícola

Iniciamos nuestro análisis con el sector no agrícola, ubicado en su mayoría en las ciudades, el cual representa en promedio un 90% del valor agregado de los países de ingresos medios (Banco Mundial, 2016), además de contar con una disponibilidad de información relativamente confiable, dejando el análisis del sector agrícola para la segunda sección. Como lo señala el estudio del Banco Mundial (2016), al explicar los determinantes de la productividad del sector no agrícola se logra identificar la mayor parte de las diferencias de ingresos entre países.

En esta sección se estudia la asignación de recursos, en particular del empleo, y se cuantifica la contribución de las distorsiones individuales a la baja PTF agregada, suponiendo que la totalidad de la economía es no agrícola. Para esto, primero se resaltan algunas características del sector no agrícola en Colombia; después, se analiza el efecto de

las distorsiones agregadas e individuales sobre la PTF. Exploramos, también, la importancia de las distorsiones inducidas por la heterogeneidad de la política tributaria por firmas. Por último, calculamos las posibles combinaciones de distorsiones que explican la diferencia entre la PTF de Colombia y la de los Estados Unidos.

1.1 Caracterización del sector no agrícola en Colombia

El análisis que se presenta a continuación se basa en la información de las siguientes encuestas anuales: manufacturera (EAM), comercio (EAC), servicios (EAS) y a microestablecimientos (EM). Según estas fuentes (Gráfico 2), el 20% de las firmas en el sector industrial colombiano opera con menos de cuatro trabajadores. Sin embargo, en los sectores comerciales y de servicios alrededor del 50% de las firmas opera con menos de cuatro trabajadores. Al emplear la EM se contemplan las firmas que operan en la informalidad. El sector no agrícola colombiano tiene un porcentaje alto (40%) de firmas pequeñas, comparado con el de los Estados Unidos (30%). No obstante, la mayor parte del empleo tanto en Colombia como en los Estados

4 En este documento se define el tamaño o escala de una firma por el número de empleados. Las firmas más grandes son aquellas que tienen un mayor número de empleados.

Unidos se concentra en firmas con más de cien empleados (Gráfico 2, paneles A y B). Este resultado es importante porque implica que cualquier distorsión en el mercado laboral que llegue a afectar en mayor magnitud a las firmas grandes de estas dos economías llegaría a tener un impacto considerable sobre los niveles de empleo y PTF.

1.2 Cuantificando la importancia relativa de las distorsiones

En esta subsección se presenta el impacto cuantitativo que tienen las distorsiones a las firmas sobre sus actividades

productivas y sus demandas de insumos, al igual que el impacto sobre la PTF agregada. Empleamos como herramienta el modelo de Restuccia y Rogerson (2008), cuyos detalles se explican en el Anexo 1.1. El modelo es calibrado para la economía colombiana a partir de la EAM, EAS, EAC y EM para el período 2010-2016.

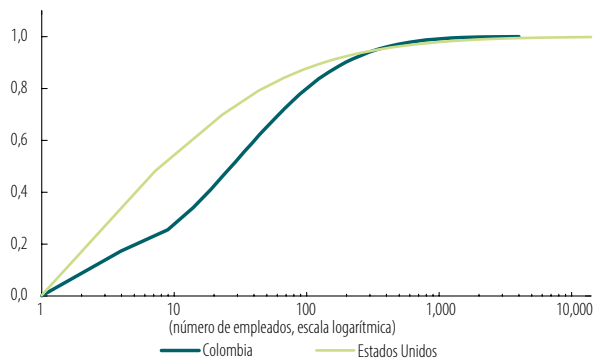
El modelo consiste en una economía artificial compuesta por hogares, que conforman la demanda de la economía, y por firmas, que constituyen la oferta. Por el lado de la demanda, el modelo supone que los hogares derivan utilidad del consumo de bienes producidos por las firmas, ofrecen su tiempo de trabajo a cualquier nivel de salario, y son los

Gráfico 2
Escala de las firmas en Colombia y los Estados Unidos

El sector no agrícola colombiano tiene un porcentaje alto (40%) de firmas pequeñas, comparado con el de los Estados Unidos (30%). Sin embargo, la mayor parte del empleo en Colombia y los Estados Unidos se concentra en firmas con más de cien empleados.

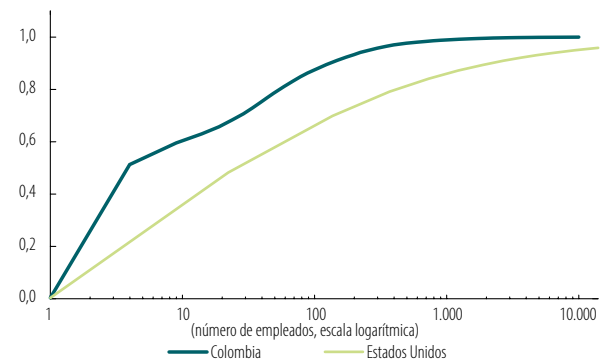
A. Industria

(distribución acumulada de establecimientos)



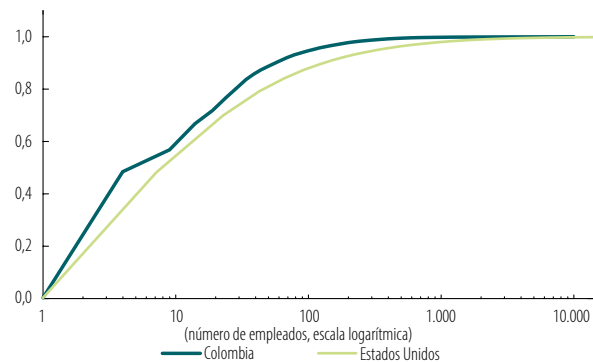
B. Servicios

(distribución acumulada de establecimientos)



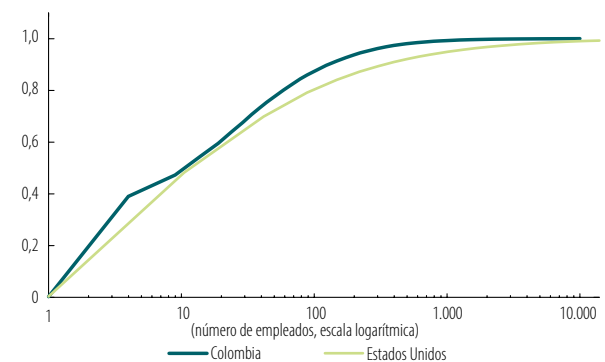
C. Comercio

(distribución acumulada de establecimientos)



D. Agregado

(distribución acumulada de establecimientos)



Nota: en cada uno de los paneles se reporta la distribución del tamaño de los establecimientos de Colombia, medidos en términos de la cantidad de empleados (escala logarítmica), con respecto a la misma distribución para los Estados Unidos. Así, el panel A reporta la información del sector manufacturero, el panel B el sector servicios, el panel C el sector comercio y el panel D el consolidado de los cuatro sectores.

Fuentes: DANE (EAM, EAS, EAC y EM) y Rossi-Hansberg y Wright (2007); cálculos propios.

dueños del capital. Los ingresos de los hogares son, entonces, los pagos por su trabajo y por las rentas del capital. El gasto de los hogares es el consumo agregado de bienes y servicios producido por las firmas.

La oferta de esta economía está compuesta por muchas firmas heterogéneas. Cada una es operada por un empresario que puede emplear el trabajo y el capital de los hogares. Los empresarios difieren en sus habilidades: unos son más productivos que otros. Cada uno de los empresarios cuenta con una tecnología de producción idéntica con retornos decrecientes a escala. Esto significa que, dado uno de los recursos productivos, los rendimientos del otro insumo aumentan con su uso, pero a una tasa cada vez menor. Esto permite que coexistan firmas de diferentes escalas. Como la habilidad individual del empresario varía entre firmas, aquellas operadas por empresarios más hábiles para combinar insumos que otros producirán más y tendrán una mayor escala si enfrentan los mismos incentivos (precios relativos) que otras firmas. En otras palabras, en ausencia de distorsiones existe una relación directa entre la distribución de habilidades (PTF individual) y la de tamaño de las firmas⁵.

Los detalles de la calibración del modelo se explican en el Anexo 1.2: en resumen, consiste en escoger los valores de los parámetros de forma tal que reproduzca ciertas características de la economía colombiana. Entre estas características se encuentran la participación del trabajo y el capital en la producción, la tasa de interés real, la participación de la inversión dentro del PIB, el rango del tamaño de las firmas, la tasa de salida de las firmas y la distribución del tamaño de las firmas.

El Gráfico 3 muestra la distribución del empleo observada en los datos colombianos y la recuperada por el modelo, dados los valores de los parámetros⁶. Dada la capacidad del modelo calibrado para reconstruir los datos colombianos, este se emplea para evaluar y cuantificar el efecto de las dos clases de distorsiones, agregadas e individuales, sobre la producción y la PTF en la economía artificial, para así extender nuestro análisis a la economía colombiana.

La contribución de las distorsiones agregadas

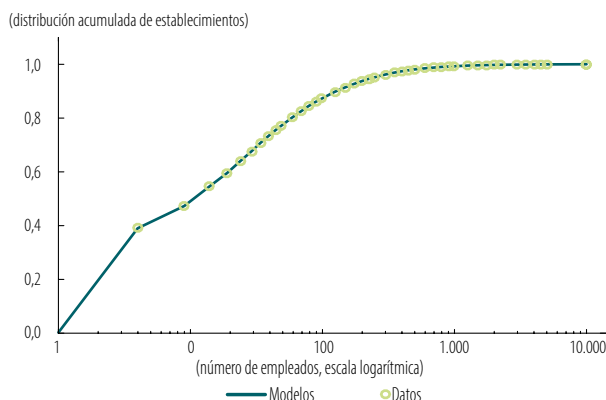
Iniciamos nuestro análisis cuantificando la contribución de las distorsiones agregadas. Esta clase de distorsiones afecta a todas las firmas por igual, sin importar el nivel de habilidad de los empresarios. En otras palabras, estas

5 Las firmas más grandes son las más productivas, véase Lucas (1978); Hopenhayn (1992).

6 Este resultado no solamente se mantiene asumiendo la economía como el agregado, sino también por separado por industria, comercio y servicios.

Gráfico 3 Escala de las firmas en Colombia y en el modelo

Mostramos la distribución de los establecimientos de acuerdo con el número de empleados contratados observada en los datos colombianos y la recuperada por el modelo, dados los valores de los parámetros.



Nota: cada uno de los círculos en el gráfico describe el porcentaje de establecimientos que emplea x número de empleados o menos (la medida de tamaño que se sigue en este documento), a partir de la información contenida en las encuestas utilizadas. La línea continua muestra la función de distribución acumulada ajustada a partir de esta distribución empírica.

Fuente: DANE (EAM, EAS, EAC y EM); cálculos de los autores.

son distorsiones cuya magnitud no depende del nivel de productividad de las firmas —en la literatura de suboptimalidad en la asignación de recursos (*misallocation*) se les conocen como *distorsiones no correlacionadas*—.

Una forma sencilla de pensar una distorsión es como un impuesto o un subsidio a la producción de las firmas. Una distorsión negativa puede asociarse con un impuesto a las cantidades producidas, y una positiva, como un subsidio a estas. Un ejemplo es la incapacidad del Estado de garantizar el cumplimiento de la regulación y, en general, de los contratos en la economía (*lack of enforcement*). Dado que el Estado no puede garantizar el pleno cumplimiento de los contratos o la regulación, sino que solo puede hacerlo de forma parcial, esta institución actúa como si fuera un impuesto a las firmas que cumplen la regulación y un subsidio a las que no la cumplen.

La manera como implementamos las distorsiones agregadas es pensando en que éstas recaen de forma aleatoria y uniforme sobre las firmas. Vamos a suponer que la mitad de los establecimientos recibe aleatoriamente un impuesto a su producción y la otra mitad recibe un subsidio.

Para este ejercicio se analizan cuatro tasas impositivas de 10%, 20%, 30% y 40%. Se escogen estas tasas simplemente con el objetivo de mostrar los efectos sobre la economía que implicaría incrementar las distorsiones negativas sobre las firmas. El tamaño del subsidio se calcula de forma

tal que el acervo agregado de capital sea siempre el mismo ante cada una de estas cuatro distorsiones⁷. Esto se hace para determinar el efecto que tienen las distorsiones sobre los precios relativos de los factores y, por ende, en la reasignación de insumos que demanda cada firma.

En el Cuadro 2 se resume el efecto de cada uno de estos cuatro conjuntos de distorsiones sobre la producción, la PTF y el tamaño del subsidio (o distorsión positiva) requerido para mantener el acervo agregado de capital constante. En el anexo se reportan estos mismos experimentos para cada uno de los subsectores mencionados: industria, comercio y servicios.

Debido a que las asignaciones agregadas de insumos se mantienen constantes, su efecto sobre el producto es igual al de la PTF. Desde el punto de vista cualitativo, el cambio en la PTF se debe a que el aumento en la demanda de capital y de trabajo por parte de las firmas subsidiadas es menor (en términos absolutos) que la caída en la demanda de insumos por parte de las firmas tributadas. Esto implica que en el agregado la producción y, por consiguiente, la PTF, son menores.

Desde el punto de vista cuantitativo, se puede concluir que el efecto de las distorsiones agregadas sobre la PTF es limitado. De acuerdo con el Cuadro 2, su máximo efecto sobre la PTF representa una caída del 9% con respecto a una economía sin distorsiones⁸.

La contribución de las distorsiones individuales

Ahora procedemos a analizar las distorsiones cuya magnitud depende del nivel de productividad de las firmas. En la literatura de suboptimalidad en la asignación de recursos (*misallocation*) a estas se les conocen como *distorsiones correlacionadas*. Para ello se van a realizar dos experimentos.

El primero consiste en suponer que la mitad de los establecimientos, *ordenados de mayor a menor nivel de productividad individual*, recibe una distorsión negativa tal que esta causa una reducción tanto en su demanda como en su nivel de producción, y la otra mitad recibe una distorsión positiva tal que esta aumenta su demanda de insumos y su nivel de producción. A este primer experimento se le conoce como *distorsiones negativamente correlacionadas*. Al igual que en el experimento hecho en la subsección

7 La idea es mantener el mismo acervo de capital que el del modelo sin distorsiones.

8 Hay que tener en cuenta que estos efectos pueden ser mayores si se decidiera gravar al 90% de las firmas y subsidiar al 10% restante. Sin embargo, lo que se busca en esta sección es determinar qué tipo de distorsiones (agregadas o individuales) tiene un mayor efecto sobre la PTF al distorsionar negativamente al 50% de las firmas y positivamente al 50% restante.

Cuadro 2
Efecto de las distorsiones agregadas sobre el producto y la PTF

Se puede concluir que el efecto de las distorsiones agregadas sobre la PTF es limitado. Su máximo efecto sobre esta es igual al 9% con respecto a una economía sin distorsiones.

	Distorsión negativa (porcentaje)			
	10	20	30	40
Caída en el producto (porcentaje)	1	4	6	9
Caída en la productividad (porcentaje)	1	4	6	9
Distorsión positiva (porcentaje)	8	12	15	17

Nota: el cuadro muestra el porcentaje de caída en el producto (fila 1), en la productividad (fila 2) y el tamaño de la distorsión positiva necesaria para no afectar los agregados macroeconómicos de esta economía (fila 3), si se ajusta una distorsión negativa (τ) aleatoriamente al 50% de los establecimientos que producen en la economía. El tamaño de dicha distorsión negativa va desde el 10% (columna 1) hasta el 40% (columna 4).

Fuente: cálculos de los autores.

anterior, se supone que la distorsión negativa se asocia con un impuesto a las cantidades producidas y la distorsión positiva se asocia a un subsidio a las cantidades producidas. En pocas palabras, las firmas con baja productividad son subsidiadas y las de alta productividad son tributadas.

En el Cuadro 3 se cuantifica el efecto de este tipo de distorsiones para cuatro diferentes magnitudes de distorsión sobre la producción, la PTF y el tamaño del subsidio requerido para mantener el acervo agregado de capital constante. Desde el punto de vista cualitativo, el mecanismo que explica el efecto de las distorsiones sobre la PTF es similar al descrito en el experimento de la subsección anterior. Sin embargo, a diferencia de las implicaciones de las distorsiones agregadas sobre la PTF, en este caso el efecto de subsidiar a las firmas menos productivas y gravar a las más productivas sobre la PTF es considerablemente mayor. De hecho, el máximo efecto de estas distorsiones individuales sobre la PTF es una caída del 43% con respecto a una economía sin distorsiones. Esto se explica porque a pesar de que las firmas menos productivas reciben una distorsión positiva, su producción aumenta, pero no alcanza a compensar la caída en producción de las firmas más productivas.

El segundo experimento consiste en suponer que la mitad de los establecimientos (*ordenados de menor a mayor nivel de productividad individual*) recibe una distorsión negativa tal que esta causa una reducción en su demanda de insumos y en su nivel de producción, mientras que la otra mitad recibe una distorsión positiva tal que aumenta su demanda de insumos y su nivel de producción. A este experimento se le conoce como *distorsiones positivamente correlacionadas*. En pocas palabras, las firmas con baja productividad son gravadas y las firmas con alta productividad son subsidiadas.

Cuadro 3

Efecto de las distorsiones individuales (negativamente correlacionadas) sobre el producto y la PTF

El efecto negativo sobre la PTF de subsidiar a las firmas menos productivas y gravar a las más productivas es considerablemente mayor que en el caso de distorsiones agregadas. En este caso, pese a recibir una distorsión positiva, la producción de las firmas menos productivas no alcanza a compensar la disminución en la producción de las firmas más productivas.

	Distorsión negativa (porcentaje)			
	10	20	30	40
Caída en el producto (porcentaje)	10	23	34	43
Caída en la productividad (porcentaje)	10	23	34	43
Distorsión positiva (porcentaje)	96	124	138	146

Nota: el cuadro muestra el porcentaje de caída en el producto (fila 1), en la productividad (fila 2) y el tamaño de la distorsión positiva necesaria para no afectar los agregados macroeconómicos de esta economía (fila 3), si se ajusta una distorsión negativa (τ) al 50% de los establecimientos que producen en la economía con la mayor productividad posible. El tamaño de dicha distorsión negativa va desde el 10% (columna 1) hasta el 40% (columna 4).

Fuente: cálculos de los autores.

Con base en los resultados del Cuadro 4, el efecto de estas distorsiones sobre la PTF es considerablemente menor que el de las distorsiones diseñadas en el primer experimento. De hecho, el máximo efecto de estas distorsiones individuales del segundo experimento sobre la PTF es una caída solamente del 0,3%. Este resultado se debe a que la distorsión negativa está afectando directamente a

Cuadro 4

Efecto de las distorsiones individuales (positivamente correlacionadas) sobre el producto y la PTF

Distorsiones hacia firmas con nivel de productividad baja resultan en tenues distorsiones compensadoras para las firmas con nivel de productividad alta.

	Distorsión negativa (porcentaje)			
	10,0	20,0	30,0	40,0
Caída en el producto (porcentaje)	0,0	0,1	0,2	0,3
Caída en la productividad (porcentaje)	0,0	0,1	0,2	0,3
Distorsión positiva (porcentaje)	0,2	0,4	0,5	0,6

Nota: el cuadro muestra el porcentaje de caída en el producto (fila 1), en la productividad (fila 2) y el tamaño de la distorsión positiva necesaria para no afectar los agregados macroeconómicos de esta economía (fila 3), si se ajusta una distorsión negativa (τ) al 50% de los establecimientos que producen en la economía con la menor productividad posible. El tamaño de dicha distorsión negativa va desde el 10% (columna 1) hasta el 40% (columna 4).

Fuente: cálculos de los autores.

las firmas menos productivas y, por consiguiente, su nivel de producción disminuye. El resultado opuesto sucede con las firmas más productivas. Por tanto, en el agregado se espera un menor efecto negativo de estas distorsiones sobre la producción agregada y, por ende, sobre la PTF.

Nótese que la distorsión que reciben las firmas con productividad baja y que es necesaria para mantener el capital agregado constante cuando se distorsionan negativamente las firmas más productivas es considerablemente mayor que aquella que reciben las firmas con productividad alta y que es necesaria para mantener el capital agregado constante cuando se distorsionan negativamente las firmas menos productivas. Este resultado se debe a que las firmas enfrentan una tecnología con rendimientos decrecientes a escala, lo cual genera que las curvas de demanda de capital sean convexas con respecto a la distorsión. Para entender mejor este resultado, considere el siguiente ejemplo: nótese que en los puntos *a* del Gráfico 4 la demanda de capital sin distorsiones por parte de las firmas de productividad alta es de 6.484 unidades de capital, mientras que la de las firmas con baja productividad es de 1.687 unidades.

Suponga una distorsión de 10% hacia las firmas de alta productividad (0% para las firmas de productividad baja). Esto implica ahora una demanda de capital de 4.254 unidades por parte de las firmas más productivas. Para mantener el acervo de capital agregado constante (i.e. 8.171 unidades, el cual es igual a la suma de las demandas expresadas en los puntos *a* de los paneles A y B) es necesario aplicar una distorsión compensadora del 22% a las firmas de productividad baja (puntos *b*, Gráfico 4 paneles A y B). Ahora considere la situación contraria. Suponga una distorsión del 10% hacia las firmas menos productivas (0% para las firmas de productividad alta), lo cual implica ahora una demanda de capital por 1.107 unidades. En este caso, y manteniendo la premisa de mantener el acervo de capital agregado constante, es necesario aplicar una distorsión compensadora de solo 2% a las firmas con productividad alta (puntos *c*, Gráfico 4 paneles A y B).

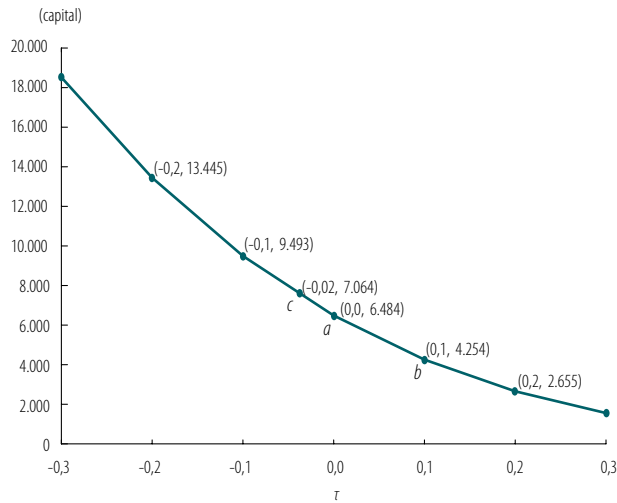
Por tanto, distorsiones hacia firmas con nivel de productividad alta (baja) resultan en enormes (tenues) distorsiones compensadoras para las firmas con nivel de productividad baja (alta). Finalmente, de esta subsección se puede concluir que tener una distribución de distorsiones negativas sesgada hacia las firmas más productivas tiene un efecto perjudicial y mayor en términos absolutos sobre la PTF que tener una distribución de distorsiones negativas sesgada hacia las firmas menos productivas.

En la siguiente subsección realizamos un experimento interesante. Nos preguntamos qué distorsiones individuales pueden explicar la brecha entre la PTF agregada de los Estados Unidos y la PTF agregada de Colombia.

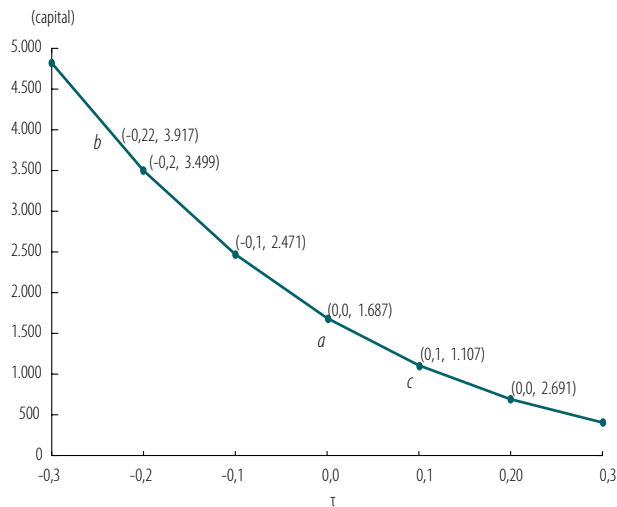
Gráfico 4
Demandas de capital

Debido a que las firmas enfrentan una tecnología con rendimientos decrecientes a escala, el tener una distribución de distorsiones negativas sesgada hacia las firmas más productivas tiene un efecto perjudicial y mayor en términos absolutos sobre la PTF que en el caso en el que dicha distribución estuviera sesgada hacia las firmas menos productivas.

A. Alta productividad



B. Baja productividad



El gráfico muestra la convexidad en las curvas de demanda de capital con respecto a la distorsión. En los paneles A y B – puntos *a* se muestran las demandas de capital por parte de las firmas de productividad alta y de las firmas con baja productividad respectivamente, en un escenario sin distorsiones. Una distorsión de 10%, por ejemplo, que afecte solo a las firmas de alta productividad reduce su demanda de capital (panel A – punto *b*). Para mantener el acervo de capital agregado constante, es necesario aplicar una distorsión compensadora del 22% a las firmas de productividad baja, (panel B – punto *b*).
Fuente: cálculos de los autores.

1.3 Diferencias entre la PTF de Colombia y la de los Estados Unidos

En esta sección utilizamos el mismo modelo de los experimentos anteriores, pero calibrado para la economía de los Estados Unidos⁹. El experimento consiste en encontrar un conjunto de distorsiones individuales tal que reproduzcan la PTF relativa de Colombia con respecto a la de los Estados Unidos. Este conjunto contiene cuatro elementos: la fracción de firmas que reciben las distorsiones negativas, el tamaño de la distorsión negativa, la fracción de firmas que reciben la distorsión positiva y el tamaño de la distorsión positiva, de tal manera que se mantenga el acervo de capital constante. Esto último es importante para medir exclusivamente el impacto sobre la PTF generado por las distorsiones individuales y no el ocasionado por el cambio en el uso del capital.

En el Cuadro 5 se presentan algunos de los conjuntos de distorsiones encontrados. La primera columna indica que la brecha de PTF agregada entre los Estados Unidos y Colombia se explicaría porque las políticas e instituciones colombianas actúan como si fueran un “impuesto” del 20% sobre el 99% de las firmas más productivas de los Estados Unidos y un “subsidio” cercano al 200% para las firmas menos productivas. Como la combinación de distorsiones (positivas y negativas) no es única, también es posible encontrar otras combinaciones de impuestos y subsidios que generan una brecha del tamaño de la observada entre los dos países. Por ejemplo, un impuesto del 60% sobre el 80% de las firmas más productivas de los Estados Unidos y un subsidio cercano al 90% para las menos productivas.

Cuadro 5
Combinación de distorsiones que explican la PTF relativa entre Colombia y los Estados Unidos

Las políticas e instituciones que recaen en forma de “impuestos” sobre las firmas más productivas y subsidios sobre las menos productivas explican satisfactoriamente la brecha existente entre la PTF de Colombia y la de los Estados Unidos.

	Porcentaje de firmas con distorsión negativa				
	99	95	90	85	80
Distorsión negativa (porcentaje)	20	27	34	42	60
Distorsión positiva (porcentaje)	197	136	111	98	88

Nota: el cuadro reporta el tamaño de la distorsión negativa sobre el producto de las firmas más productivas y el tamaño de la distorsión positiva sobre el producto de las firmas restantes, con el fin de recobrar una productividad relativa con respecto a los Estados Unidos del 53,7%.
Fuente: cálculos de los autores.

⁹ Se usa la misma calibración y modelo de Restuccia y Rogerson (2008).

Los resultados de este experimento nos llevan a pensar que en Colombia son las políticas e instituciones que recaen en forma de “impuestos” sobre las firmas más productivas y subsidios sobre las menos productivas las que explican satisfactoriamente la brecha existente entre la PTF de Colombia y la de los Estados Unidos.

Lógicamente, la pregunta que sigue es qué clase de políticas e instituciones puede generar semejante distorsión en la PTF agregada. En la siguiente subsección indagamos acerca de si la política tributaria podría alterar de forma importante la eficiencia en la asignación de recursos entre las firmas y tener efectos sustanciales sobre la PTF en Colombia.

El papel de la carga impositiva

Hasta el momento se han realizado dos tipos de experimentos hipotéticos para mostrar el alcance del efecto de las distorsiones agregadas e individuales sobre la PTF para la economía colombiana. Hemos mostrado que las políticas e instituciones que recaen de forma agregada sobre las firmas no explican totalmente que la PTF de Colombia sea la mitad de la de los Estados Unidos. También, hemos visto que lo más probable es que sean políticas e instituciones que recaen sobre los más productivos y que el tamaño de las distorsiones tiene que ser considerable.

Sin embargo, las distorsiones modeladas en los experimentos anteriores no son observadas, se supone que afectan al 50% de las firmas más o menos productivas (según sea el ejercicio analizado) y tampoco se pueden asociar con algún tipo de distorsión específica en la economía. Dada esta limitación, se propone un nuevo experimento que busca evaluar si las distorsiones tributarias, como *proxy* de las distorsiones responsables de la baja productividad de Colombia con respecto a la de los Estados Unidos, pueden tener un efecto significativo y negativo sobre la PTF de Colombia.

En este ejercicio se construye una variable que aproxime una clase de distorsiones tributarias para las firmas en Colombia. En particular, nos enfocamos en la distorsión que puede ocasionar el impuesto a los ingresos de las firmas. Dicha construcción se hace con base en la información de impuestos declarados por cada uno de los establecimientos que diligenciaron las encuestas anuales manufactureras, de comercio y de servicios¹⁰. En el caso de los microestablecimientos, debido a que no se dispone de esta información, se sigue la metodología descrita en Hamann

y Mejía (2011) para clasificar los establecimientos como formales e informales, por lo que se supone que un establecimiento informal no paga impuestos. En el Anexo 1.3 se encuentra con mayor detalle la descripción del cálculo de este conjunto de distorsiones.

En términos generales, se busca calcular un valor para τ de acuerdo con la participación que tiene el pago de impuestos a la renta (CREE) y al ejercicio de producir (ICA) como proporción del valor agregado de cada establecimiento. En el Cuadro 6 y en el Gráfico 5 se puede apreciar que las firmas más grandes son aquellas que tienen una menor carga tributaria. Esto puede deberse a exenciones impositivas o elusión. En principio, una menor carga a las firmas más productivas debería aumentar la productividad agregada; sin embargo, vale la pena anotar que las firmas pequeñas también enfrentan una carga tributaria baja. De hecho, el que el Estado no haga cumplir el pago de las obligaciones tributarias por parte de las firmas informales puede verse también como una política o institución en favor de la informalidad.

Cuadro 6
Tamaño de las firmas y los impuestos como proporción del valor agregado (V. A.)

Las firmas más grandes son aquellas que tienen una menor carga tributaria.

Número de empleados	Proporción de V. A. dado en forma de impuestos (porcentaje)			
	Industria	Servicios	Comercio	Total
1-4	4,0	1,0	1,0	2,0
5-9	9,0	2,0	4,0	5,0
10-124	8,0	2,0	3,0	4,0
125-499	4,0	1,0	5,0	3,0
499-1.000	6,0	1,0	5,0	4,0
+1.000	4,0	1,0	4,0	3,0

Nota: el cuadro presenta el tamaño promedio de la distorsión negativa aproximada a partir de la proporción del pago de impuestos a la renta (CREE) y al ejercicio de producir (ICA) en el valor agregado para cada uno de los sectores analizados: industria (EAM), servicios (EAS), comercio (EAC) y para el conjunto de los tres sectores. Fuente: DANE (EAM, EAS, EAC y EM); cálculos de los autores.

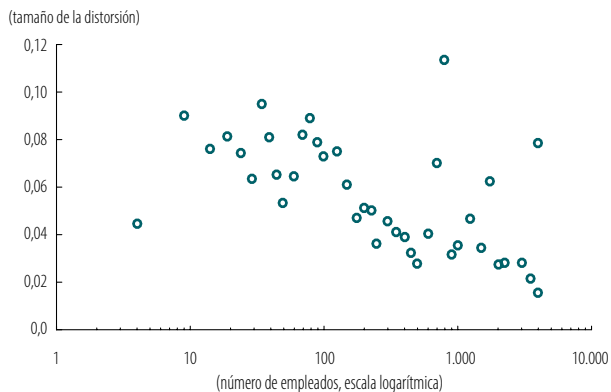
Al alimentar el modelo con las cargas tributarias (renta e ICA) calculadas, se observa que el efecto de estas distorsiones tributarias sobre la PTF en Colombia es muy bajo. El Cuadro 7 reporta que su efecto implica una caída de la PTF colombiana solamente del 1%. Se puede concluir, entonces, que en el caso de la economía colombiana las

10 Este ejercicio se toma desde el año 2013 debido a que con la ley 1607 de 2012 con la que creó el CREE para las empresas, el DANE comenzó la recolección de esta información en las diferentes encuestas utilizadas en este estudio.

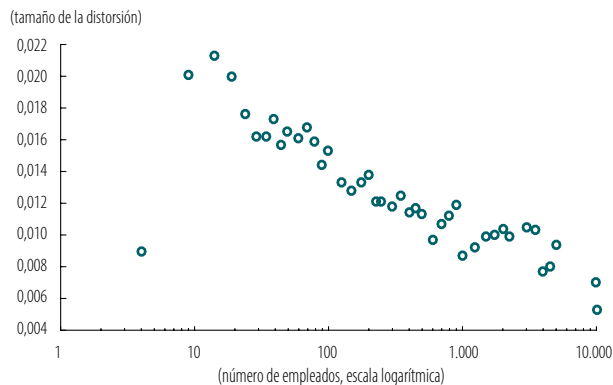
Gráfico 5 Tamaño de las firmas y tributación como proporción del valor agregado

Las firmas más grandes tienen una menor carga tributaria, aunque las firmas pequeñas también enfrentan una carga tributaria baja.

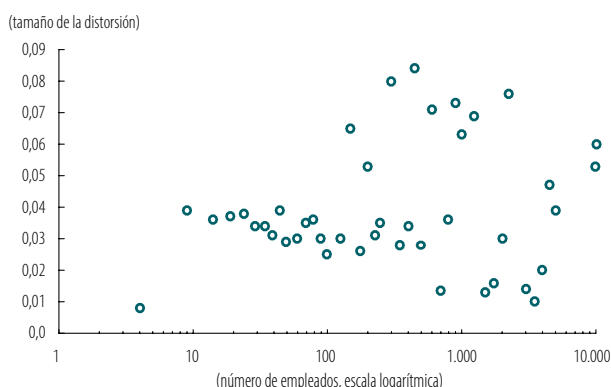
A. Industria



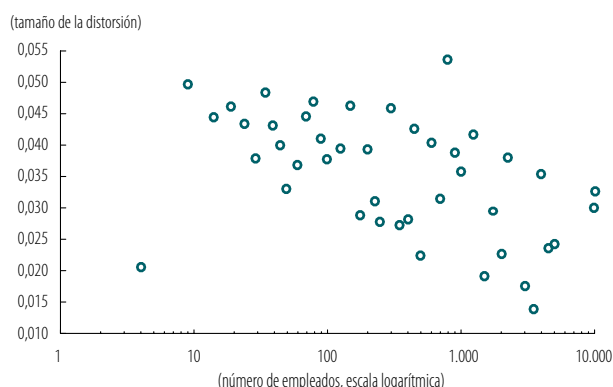
B. Servicios



C. Comercio



D. Agregado



Nota: el gráfico muestra la dispersión que existe entre el tamaño de los establecimientos y el tamaño de la distorsión, calculado a partir de información de pago de impuestos para el sector manufacturero (panel A), de servicios (panel B), de comercio (panel C) y el agregado de los tres sectores (panel D).
Fuente: DANE (EAM, EAS, EAC y EM); cálculos de los autores.

Cuadro 7 Efecto de las distorsiones tributarias sobre el producto y la PTF

Las distorsiones tributarias no son suficientes para explicar el bajo nivel relativo de la PTF.

Variable	Variación porcentual
Caída en el producto	2,0
Caída en el capital	6,0
Caída en la razón capital/producto	4,0
Caída en la PTF	1,0
Caída en los salarios	6,0

Nota: este cuadro muestra la caída en el producto (fila 1), capital (fila 2), razón capital/producto (fila 3), PTF (fila 4) y salarios (fila 5) en una economía con un esquema de distorsiones como el calculado a partir del ejercicio de carga tributaria propuesta. La caída se presenta con respecto al caso en el que no existe distorsión alguna en la economía.
Fuente: cálculos de los autores.

distorsiones tributarias no son suficientes para explicar el bajo nivel relativo de la PTF. Esto apunta a que debe existir otra clase de políticas o instituciones que distorsionan aún más la eficiencia en la asignación de los recursos productivos en Colombia.

1.4 Conclusiones sobre el sector no agrícola

En esta sección analizamos cómo la productividad no agrícola en Colombia se ve principalmente afectada por políticas e instituciones que distorsionan las decisiones de producción de las firmas. Utilizando información incluida en las encuestas: anual manufacturera, de comercio, de servicios, y a microestablecimientos (DANE), se analiza el efecto de las distorsiones agregadas e individuales sobre la PTF empleando un modelo de equilibrio general calibrado para reproducir un conjunto de características de la economía colombiana.

En primera instancia, el efecto de políticas e instituciones (que distorsionan las decisiones de las firmas de forma agregada) sobre la PTF es modesto. En particular, al modelar las distorsiones agregadas como impuestos, que alcanzan un valor máximo de 40%, esto se traduce en una caída de la PTF del 9% con respecto al caso en el que estas distorsiones no existieran. En cuanto a las distorsiones correlacionadas, los resultados para los dos casos contemplados son disímiles entre sí: cuando se decide subsidiar a las firmas menos productivas en detrimento de las más productivas se obtiene una caída sustancial en la PTF. Cuantitativamente, afectar a las firmas más productivas con una distorsión del orden del 40% en magnitud se traduce en una caída de la PTF del 43% con respecto al caso sin distorsiones.

Así, políticas e instituciones que generan distorsiones a las firmas más productivas conducen a una fuerte caída en la productividad agregada que no se compensa facilitando el accionar de las firmas menos productivas, entendido este como el incentivo a elevar su nivel de producto. De manera complementaria, políticas e instituciones que generan distorsiones a las firmas menos productivas e incentivan a las más productivas para compensar el efecto de dicha distorsión producen efectos considerablemente menores en términos de pérdida de la PTF agregada, los cuales se ubican en el orden del 0,33% con una distorsión negativa del 40%.

Reemplazando estas distorsiones (que son hipotéticas) por un caso particular, en donde dichas distorsiones son calculadas con base en la información de impuestos declarados (renta e ICA) por cada uno de los establecimientos incluidos en las encuestas utilizadas en este ejercicio, es posible concluir que las distorsiones en materia de impuestos se acercan al caso en el que existe una correlación positiva

entre distorsión y productividad individual. Al tiempo, y de manera más importante, las distorsiones tributarias consideradas en esta investigación *no son suficientes* para explicar el bajo nivel relativo de la PTF de la economía colombiana con respecto a los países desarrollados.

La pregunta inmediata es: ¿qué clase de políticas e instituciones son capaces de generar semejantes niveles de ineficiencia en la asignación de recursos en el sector no agrícola colombiano? Para esto no hemos hallado una respuesta clara. Hemos dado un paso importante, mostrando que es muy probable que no sean políticas e instituciones que afectan de forma agregada a las firmas. También, que es muy probable que lo sean aquellas políticas e instituciones que van en contra de los más productivos. Adicionalmente, mostramos que es improbable que sea el impuesto a la renta. Aunque parciales, nuestras respuestas subrayan la importancia de una agenda de investigación rigurosa y detallada que trate de explicar por qué nuestra economía no agrícola es tan improductiva.

En la siguiente sección nos preguntamos si el sector agrícola comparte el mismo diagnóstico que el sector no agrícola en Colombia.

2. Productividad en el sector agrícola

La productividad del sector agrícola es un elemento importante para explicar las diferencias de ingresos entre países (Gollin *et al.*, 2014; Restuccia *et al.*, 2008). Incrementos en la productividad agrícola permiten liberar mano de obra de este sector para ser empleada en actividades con un mayor valor agregado. Esto propicia el crecimiento de largo plazo (Gollin y Rogerson, 2014; Herrendorf *et al.*, 2014).

Al comparar la estructura del sector agrícola entre países se destacan tres elementos fundamentales:

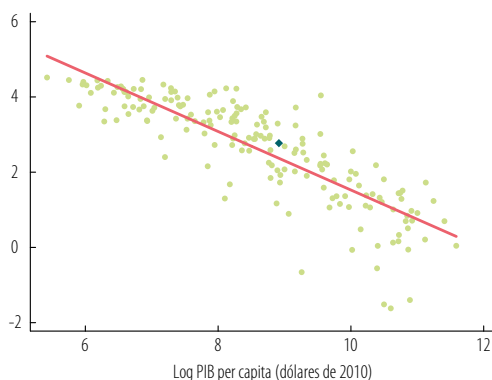
- i. *Existe una correlación negativa entre el nivel de ingreso per cápita y la proporción de mano de obra en agricultura.* De acuerdo con información de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), mientras que en países de ingreso medio y bajo alrededor del 32% de la mano de obra se emplea en el sector agrícola, en los países de ingreso alto la agricultura emplea solo el 3% del total (Gráfico 6, panel A). Al comparar los Estados Unidos con Colombia, se observa que en el primero un 1,6% de los empleados trabaja en agricultura, mientras que en Colombia este valor es del 16%.
- ii. *Existe una correlación negativa entre el número promedio de trabajadores agrícolas por hectárea y el nivel de ingreso per cápita.* Los países con ingreso bajo emplean tres veces más trabajadores por hectárea que su contraparte (Gráfico 6, panel B).

Gráfico 6 Relación entre PIB per cápita y características del sector agrícola entre países

A diferencia de la relación negativa entre las proporciones trabajo a tierra y mano de obra con respecto al PIB per cápita, existe una relación positiva entre el valor agregado por trabajador en agricultura y el PIB per cápita.

A. Mano de obra en agricultura

Log porcentaje de empleo total



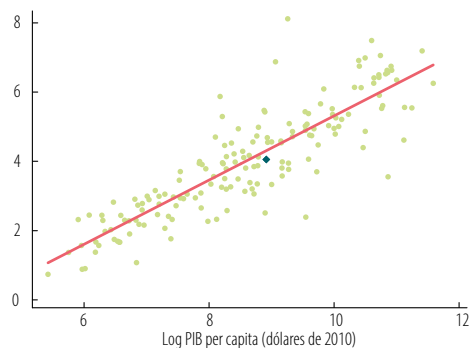
B. Tierra por trabajador

Log empleo agrícola/tierra agrícola (Km2)



C. Valor agregado por trabajador agrícola

Log valor agregado por trabajador, agro (dólares de 2010)



Nota: la muestra incluye 217 países que reportan información en 2015. El punto más oscuro indica los valores para Colombia. En el panel B tierra agrícola se refiere a tierra cultivable (con cultivos o prados temporales, huertos comerciales o de cocina, y barbecho) o con cultivos o pastos permanentes.

Fuente: Banco Mundial (indicadores de desarrollo); cálculos de los autores.

- iii. Existe una correlación positiva entre el PIB per cápita y la productividad de la mano de obra en agricultura. De acuerdo con información de la FAO, en 2015 cada trabajador del sector agrícola en los países de ingreso alto produjo en promedio cinco veces más que el trabajador promedio del sector agrícola en países de ingreso medio y bajo (Gráfico 6, panel C). En el caso de los Estados Unidos y Colombia, cada trabajador en el primero produce doce veces más que en el segundo.

Diversos factores pueden explicar la brecha de productividad en el sector agrícola entre los países desarrollados y los países en desarrollo. En primer lugar, se encuentran factores institucionales que afectan la actividad económica en todos los sectores. Estos incluyen, por ejemplo, la estabilidad de las instituciones políticas, el funcionamiento de los mercados de crédito, la regulación laboral y la disponibilidad de infraestructura vial. En segundo lugar, están los factores específicos de la agricultura en cada país que determinan la productividad del sector y pueden explicar las brechas entre ellos. Entre estos están: las condiciones geográficas y climáticas; la oferta tecnológica para la producción, dadas las condiciones geográficas; la oferta de bienes públicos, y el funcionamiento de los mercados de tierra y trabajo en zonas rurales, entre otros.

Por otro lado, al igual que ocurre en otros sectores, los determinantes de la productividad agrícola se pueden separar entre aquellos que afectan a todos los agentes del sector por igual y aquellos que afectan desproporcionadamente a algunos agentes. Entre los segundos se encuentran, por ejemplo, asimetrías de información en los mercados de insumos y productos e instituciones que generan distorsiones en estos mercados. Estos factores causan diferencias en los precios relativos que enfrentan distintos tipos de productores y, por tanto, disparidades en la intensidad del uso de los insumos. Entre las asimetrías de información que afectan a los mercados de insumos agrícolas están, por ejemplo, las dificultades para supervisar la mano de obra en las fincas (Eswaran y Kotwal, 1985; Foster y Rosenzweig, 1994). Estas resultan en mayores costos de la mano de obra en explotaciones grandes con respecto a las explotaciones pequeñas, ya que estas últimas dependen principalmente del trabajo familiar. En cuanto a los factores institucionales que pueden generar distorsiones en los mercados de insumos se encuentran, por ejemplo, restricciones a las transacciones en el mercado de tierras que impiden que este recurso sea utilizado por quienes tienen la capacidad de generar el mayor nivel de producción posible (Adamopoulos *et al.*, 2017).

La teoría económica sugiere que si los mercados de insumos y de productos operan sin distorsiones, y si se cumplen ciertos supuestos sobre las funciones de producción, la productividad marginal de los factores sería ser la mis-

ma para todas las explotaciones. Las fincas más productivas emplearían más tierra, capital y trabajo, hasta el punto de que el rendimiento de una unidad adicional, de cualquiera de estos insumos, cae para igualar el rendimiento de la unidad marginal en las fincas menos productivas, el cual, a su vez, debe ser igual al precio relativo de los factores de producción. Estas condiciones aseguran que en la economía se produzca el máximo posible, dados los recursos disponibles. Cualquier desviación de estas condiciones implica un nivel de producción inferior al máximo posible y es catalogado por los economistas como una condición de ineficiencia.

En esta sección se estudia la productividad agrícola en Colombia. Primero, se analiza el uso de la tierra y el trabajo en las unidades productoras agrícolas del país. Después, se explora si existe evidencia de ineficiencias en el uso de la tierra y el trabajo en estas unidades productoras. Por último, se estudian las diferencias en productividad agrícola entre Colombia y los Estados Unidos, y se estudian diversos factores que pueden explicar estas diferencias. En particular se contempla el papel de: 1) características geográficas y climáticas que implican diferencias en el potencial productivo del sector agrícola en los dos países; 2) la inseguridad en la tenencia de la tierra que resulta del conflicto armado y la informalidad en los derechos de propiedad en Colombia; 3) factores agregados que explican la brecha de productividad entre los dos países en todos los sectores, y 4) distorsiones en la rentabilidad de la producción que varían sistemáticamente con el tamaño de las fincas y se relacionan con una asignación ineficiente de la tierra.

Para cuantificar la contribución de cada uno de estos factores a la brecha de productividad agrícola entre los Estados Unidos y Colombia, se calibra el modelo propuesto por Adamopoulos y Restuccia (2014) para comparar países en desarrollo con países desarrollados. Una vez calibrado el modelo, se realizan ejercicios contrafactuales en los que se incluye de manera gradual cada uno de los factores puestos en consideración, con el fin de cuantificar su contribución conjunta a la brecha de productividad entre ambos países.

Los resultados de este ejercicio sugieren que las diferencias en las condiciones geoclimáticas entre los dos países y el riesgo de despojo de tierras a causa del conflicto armado en Colombia¹¹ explican cerca de una quinta parte de las diferencias que se observan en la participación del empleo en agricultura y el tamaño promedio de las fincas entre Colombia y los Estados Unidos. Sin embargo, estos factores explican solo una décima parte de las diferencias

que se observan en la productividad agrícola por trabajador entre los dos países. Por otro lado, si estos factores se complementan con la brecha de la PTF agregada en la economía y con la brecha en el acervo de capital disponible en los dos países, es posible explicar cerca del 60% de las diferencias en el tamaño promedio de las fincas y en el porcentaje de trabajadores en agricultura. Además, es posible explicar cerca del 50% de la brecha que se observa entre los dos países en la productividad agrícola. Por último, cuando en el modelo se incluyen distorsiones que varían sistemáticamente con el nivel de habilidad de los agentes, es posible explicar gran parte de las diferencias restantes entre los Estados Unidos y Colombia. Esto es consistente con la existencia de distorsiones en la asignación eficiente de tierra y trabajo agrícola.

Adamopoulos y Restuccia (2014) aplican la misma metodología para comparar los países de ingresos bajos y altos con los Estados Unidos. Sus resultados sugieren que variables que afectan a todos los sectores de la economía, como la PTF agregada y el capital, explican gran parte de las diferencias en el desempeño del sector agrícola entre los Estados Unidos y los países de alto ingreso, mientras que distorsiones en la asignación de la tierra explican la mayor parte de la brecha en los países de bajo ingreso. La evidencia para Colombia sugiere que el país se encuentra en un punto intermedio donde tanto factores agregados de la economía como distorsiones en la asignación de recursos explican su rezago en la productividad agrícola. Cuáles son sus causas específicas es una pregunta abierta para futuras investigaciones.

2.1 Caracterización del sector agrícola en Colombia

El análisis que se presenta a continuación se basa en la información de las unidades productoras agropecuarias (UPA)¹² del tercer *Censo nacional agropecuario* (3.^{er} CNA). Se excluyen de la muestra las UPA ubicadas en resguardos indígenas, territorios con propiedad colectiva y áreas con restricciones legales para las transacciones de tierra en el mercado¹³. También, se excluyen del análisis las UPA con

11 Como se explica más adelante en este ejercicio, tomamos una medida conservadora del riesgo de despojo, por lo que los resultados de su efecto sobre la productividad del sector representan una cota inferior de los posibles efectos.

12 Una UPA está conformada por un predio o conjunto de predios y satisface las siguientes condiciones: 1) produce bienes agrícolas, forestales, pecuarios, acuícolas y/o adelanta la captura de peces destinados al consumo continuo y/o a la venta; 2) tiene un único productor/a natural o jurídico que supone la responsabilidad y los riesgos de la actividad productiva y 3) utiliza al menos un medio de producción, como construcciones, maquinaria, equipo y/o mano de obra en los predios que la integran.

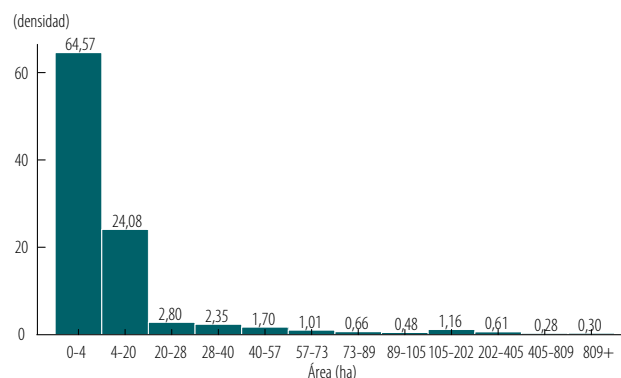
13 Se utilizaron las definiciones de exclusión y condicionamiento del mercado de tierras propuestas en la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), "Análisis de las prácticas actuales y funcionamiento del mercado de tierras rurales productivas en Colombia" (2013).

menos de 0,01 ha (0,4% de las UPA) y UPA con un tamaño superior a la media más tres desviaciones estándar de la muestra sin restricciones (0,035% de las UPA). Estas restricciones en el área de las unidades productoras se imponen para evitar posibles sesgos en las estimaciones por la presencia de observaciones atípicas en la muestra. En el Anexo 2.1 se describe en mayor detalle la definición de la muestra y se presentan estadísticas descriptivas de las variables para la muestra completa de la UPA.

De acuerdo con la información del CNA, un 39% de las unidades productoras en Colombia opera en menos de una hectárea y 65% opera en menos de cuatro hectáreas (Gráfico 7). Un 66% de las fincas tiene un solo trabajador permanente, y a medida que disminuye el tamaño de las unidades productoras aumenta la intensidad en el uso de mano de obra. Por ejemplo, las fincas con menos de una hectárea emplean en promedio 1,65 trabajadores permanentes, mientras que las fincas con más de 801 hectáreas emplean en promedio 11 trabajadores permanentes (Gráfico 8). La mayoría de los empleados permanentes en fincas pequeñas corresponde a mano de obra familiar. El número de trabajadores permanentes que son miembros del hogar del productor se mantiene relativamente constante a medida que aumenta el tamaño de las unidades productoras, mientras que el número de trabajadores contratados fuera del hogar aumenta con el tamaño de las fincas. Esto sugiere que las diferencias de intensidad en el uso de mano de obra entre diferentes rangos de tamaño responden a diferencias en el número de trabajadores contratados fuera del hogar.

Gráfico 7
Distribución de UPA por rangos de tamaño

La mayor concentración de las UPA ocurre en los segmentos de menor extensión. Por ejemplo, el 65% del total de las UPA opera en áreas de menos de cuatro hectáreas.

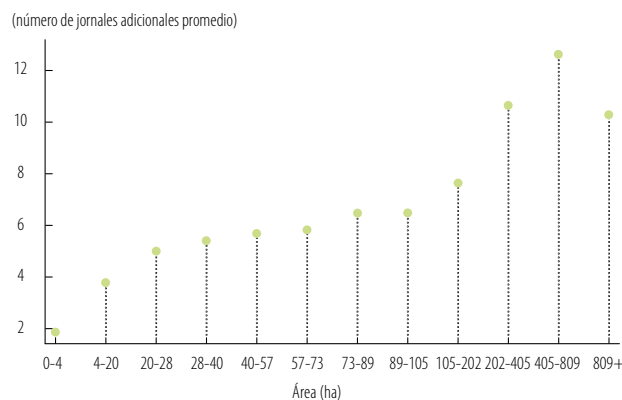


Nota: la muestra incluye 1.840.998 UPA. El área mínima es 0,01 ha y el área máxima es 11.146,7 ha. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre la muestra. Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

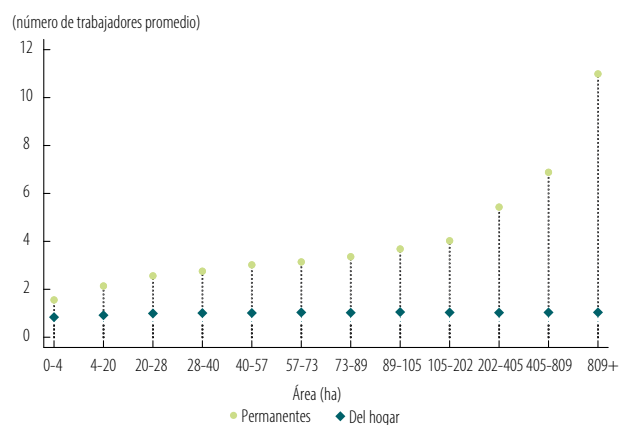
Gráfico 8
Relación entre el área y el número de trabajadores de la UPA

A un mayor tamaño de la UPA, mayores son las necesidades de trabajadores diferentes a los miembros del hogar y los jornales adicionales promedio.

A. Jornales adicionales (mes)



B. Trabajadores permanentes



Nota: el número de jornales adicionales corresponde a los contratados en el mes anterior a la recolección de la información. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre la muestra.

Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

Los datos que se presentan en esta sección sugieren un papel importante de la agricultura familiar en Colombia. Los productores agrícolas del país operan fincas relativamente pequeñas y dependen en gran medida del trabajo familiar para la producción. Así, se debe pensar en el hogar como el agente que toma decisiones de producción en el sector. En las siguientes secciones se exploran algunos factores que pueden influenciar la toma de decisiones de estos hogares y determinar sus niveles de productividad. En primer lugar, se analiza si existe evidencia de factores que afectan de manera sistemática a algunos agentes y resultan en menores niveles de producción de los que se podrían alcanzar en el sector, al generar distorsiones en la asignación de recursos

para la producción agrícola. En segundo lugar, se cuantifica la contribución de distintos elementos a la brecha de productividad agrícola entre Colombia y los Estados Unidos.

2.2 Eficiencia en la asignación de tierra y trabajo en agricultura en Colombia: análisis exploratorio

El CNA incluye datos detallados sobre los volúmenes de producción en cada una de las parcelas que componen la UPA. Estos se complementaron con información de precios de productos agrícolas para calcular una medida de ingresos por actividades agrícolas en cada UPA. En el Anexo 2.1.3 se describe en detalle los datos utilizados para este cálculo. En esta sección se explora la relación de esta medida de ingreso con el uso de tierra y trabajo en la finca.

Ingresos promedio por unidad de tierra y trabajo

El Gráfico 9 muestra que el valor bruto de la producción por hectárea cae a medida que aumenta el área de la UPA (panel A)¹⁴, mientras que lo contrario ocurre con el ingreso promedio por unidad de trabajo (panel B). Esta evidencia es consistente con lo documentado por otros autores para Colombia y para otros países en desarrollo¹⁵ y sugiere que fincas pequeñas son más intensivas en el uso de mano de obra que las fincas grandes. Estas disparidades en la intensidad en el uso de tierra y trabajo entre fincas se pueden explicar con diferencias en las tecnologías de producción entre un tipo de explotación y otro, y con asimetrías de información y distorsiones en los mercados de trabajo, tierra y capital. Por ejemplo, dificultades para la supervisión de la mano de obra en agricultura pueden causar que el costo efectivo de aquella que es familiar sea menor que el costo efectivo de aquella contratada, y resultan en una mayor intensidad en el uso de trabajo por parte de pequeños agricultores¹⁶. Por otro lado, la mecanización de las grandes fincas les puede permitir operar grandes extensiones de tierra con una menor cantidad de trabajadores.

Pese a que las medidas de ingresos por trabajador y por hectárea se utilizan con frecuencia para evaluar la relación entre el tamaño de las fincas y la productividad, estas por sí solas

14 Para este análisis se excluyó del área total de la UPA el área destinada a la producción pecuaria y el área con cobertura rocosa, cuerpos de agua y otros usos no agrícolas.

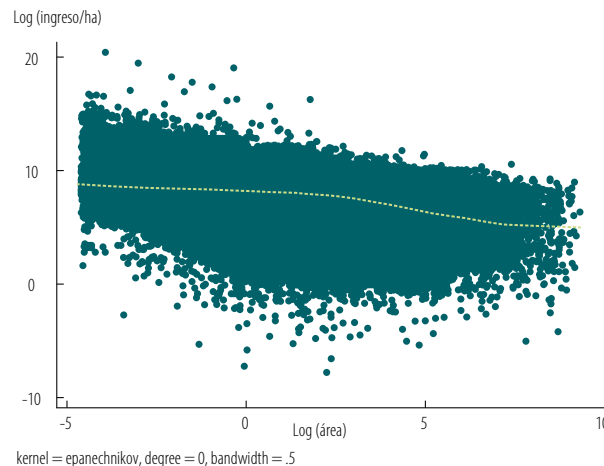
15 Berry (2017) presenta una recopilación de la evidencia sobre la relación inversa entre rendimientos y tamaño de las fincas para Colombia.

16 Eswaran y Kotwal (1985), Foster y Rosenzweig (1994), Foster y Rosenzweig (2011), entre otros, presentan evidencia con respecto al papel de las asimetrías de información en el mercado de trabajo agrícola y la ventaja que enfrentan las explotaciones pequeñas en términos de unos menores costos laborales.

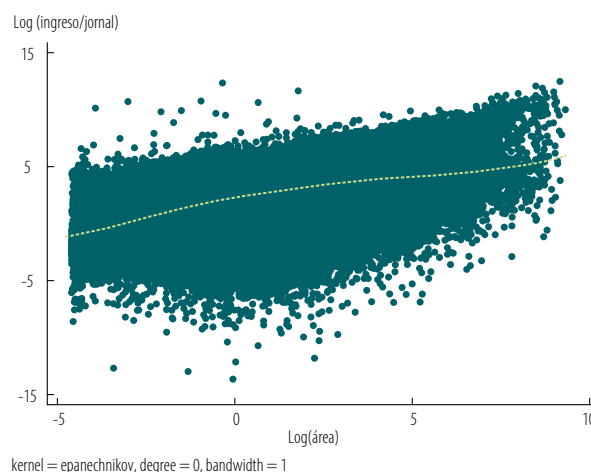
Gráfico 9 Relación entre el área de la UPA y los ingresos por hectárea y trabajador

Pese a que los rendimientos de cada hectárea adicional en una UPA son decrecientes en producto, los rendimientos de cada trabajador ante cada hectárea adicional son crecientes.

A. Ingresos por hectárea



B. Ingresos por jornal



Nota: la medida *ingreso* se refiere al valor bruto de la producción anual de la UPA (miles de pesos). Para construir *área* se sustrae del área total de la UPA el área destinada a la producción pecuaria y el área en otros usos no agrícolas. Esta misma medida se usa para construir ingreso/ha en el panel A. En el panel B *jornal* es la cantidad de jornales equivalente al número de trabajadores permanentes de la UPA, más los jornales adicionales en el año. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre las variables y la muestra.

Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

no permiten hacer inferencias sobre productividad. Cualquier análisis que se quiera hacer sobre la productividad de las fincas debe tener en cuenta las discrepancias que se observan en la intensidad del uso de trabajo y tierra entre distintas escalas de producción. En el siguiente segmento

se explora el comportamiento de los ingresos de las UPA teniendo en cuenta estas disparidades.

Ingresos promedio descontando el uso de tierra, trabajo y capital

Se calculó una medida de productividad de las fincas descontando el uso de mano de obra, tierra y capital, y el efecto de factores geográficos y climáticos que afectan el potencial productivo de cada finca¹⁷. Para calcular esta medida, se siguió la metodología propuesta por Restuccia y Santaaulalia-Llopis (2015) y Adamopoulos *et al.* (2017)¹⁸. Los resultados de este cálculo de productividad sugieren una diferencia de 200% entre las fincas más productivas y las fincas menos productivas del país (Gráfico 10)¹⁹. Es posible que parte de esta brecha se explique por diferencias en el uso de insumos. No es posible incluir en el análisis esta variable porque esta información no se registra en el CNA. Sin embargo, dada la magnitud de la brecha estimada, es poco probable que esta se explique en su totalidad por diferencias en el uso de insumos intermedios. Por un lado, Adamopoulos *et al.* (2017) utilizan la misma metodología, incluyendo el uso de insumos intermedios, para analizar la productividad de las fincas en China y encuentran una brecha de magnitud similar a la nuestra. Por otro, la evidencia para países en desarrollo sugiere que la elasticidad del producto con respecto a los insumos intermedios oscila entre 0,04 y 0,09. Esto implica que se requerirían diferencias en el uso de insumos excesivamente altas para explicar la totalidad de la brecha estimada en productividad (en el Anexo 2.2 véanse los detalles de este cálculo).

Es importante tener en cuenta dos limitaciones adicionales de los datos que se utilizan para hacer los cálculos que se presentan en esta sección. El primero es que la medida de producción corresponde a un solo año y la medida de productividad no descuenta el efecto de choques individuales que pueden afectar la productividad de los factores, independiente del nivel de insumos. El segundo es que el valor del capital de la finca se estima a partir del número de máquinas según tipo que reporta cada finca en el CNA y, de acuerdo con la muestra, cerca del 70% de las UPA no tiene maquinaria, pues no reporta su uso. Por esta razón,

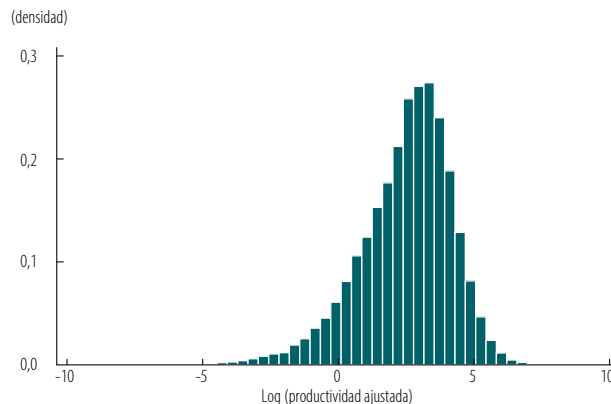
17 El Anexo 2.5.1 presenta los detalles del cálculo de la variable de potencial productivo.

18 Esta metodología supone que la función de producción agrícola está dada por $y_i = (s_i n_i)^{1-\theta_1 - \theta_2} (q_i l_i)^{\theta_1} k_i^{\theta_2}$. Donde i representa la UPA, n el trabajo, l la tierra, q factores geográficos y climáticos que determinan el potencial productivo de cada finca (véase el Anexo 2.5.1), k el valor de maquinaria agrícola y s la medida de productividad. Se toman los valores de $\theta_1 = 0,36$ y $\theta_2 = 0,18$, y propuestos por Adamopoulos *et al.* (2017) para China, y Restuccia y Santaaulalia-Llopis (2015) para Malawi.

19 Estas diferencias hacen referencia a la brecha entre los percentiles 25 y 75 de la distribución del logaritmo de productividades estimadas.

Gráfico 10 Distribución de la productividad agrícola descontando el uso de tierra, trabajo y capital

Existe una diferencia del 200% en productividad entre las fincas más productivas y las menos productivas del país.



Nota: el gráfico muestra la distribución de una medida de productividad calculada como el valor de s en la función de producción $y_i = (s_i n_i)^{1-\theta_1 - \theta_2} (q_i l_i)^{\theta_1} k_i^{\theta_2}$. Donde i representa la UPA, n el trabajo, l la tierra, q factores geográficos y climáticos que determinan el potencial productivo de cada finca (véase el Anexo 2.5.1), y k el valor de la maquinaria agrícola. Se toman los valores de $\theta_1 = 0,36$ y $\theta_2 = 0,18$ propuestos por Adamopoulos *et al.* (2017) para China, y Restuccia y Santaaulalia-Llopis (2015) para Malawi. En el Anexo 2.1 se presentan más detalles sobre la muestra. Para calcular el área se sustrae del área total de la UPA el área destinada a la producción pecuaria y el área en otros usos no agrícolas. El número de jornales es la cantidad de jornales equivalente al número de trabajadores permanentes de la UPA, más los jornales adicionales en el año.

Fuente: DANE (3.º CNA, 2014); cálculos de los autores.

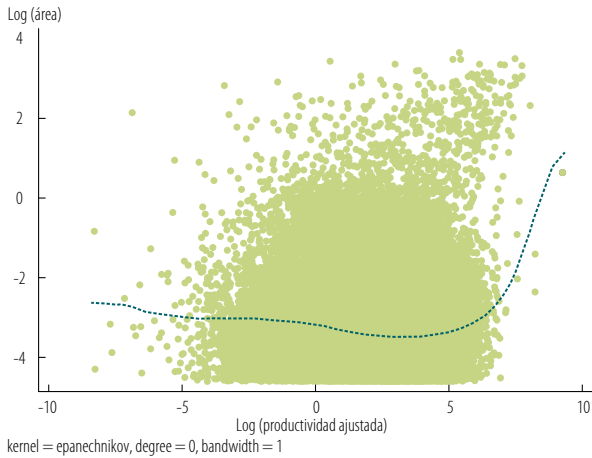
los resultados que se presentan en esta sección representan solo a la muestra seleccionada de la UPA que reporta información de algún tipo de maquinaria. En el Anexo 2.2 se muestran las diferencias en tamaño, uso de mano de obra y producción entre las fincas que reportan maquinaria y las que no. También, se demuestra que los resultados que se presentan en esta sección son muy similares a los del mismo ejercicio cuando se utiliza toda la muestra de fincas y se aplica una metodología de imputación para el valor del capital en las fincas que no reportan maquinaria.

Si la tierra y el trabajo en agricultura están asignados eficientemente, los datos deberían mostrar evidencia de una relación positiva entre la productividad de las fincas y el uso de la tierra y el trabajo. Además, no debería existir correlación entre la productividad y la producción promedio por unidad de tierra y trabajo. El Gráfico 11 explora si esto se observa en los datos del CNA. En primer lugar, los paneles A y B muestran que no existe una relación positiva entre la medida de productividad estimada y el uso de tierra y trabajo en las UPA. Como se explicó, la falta de información sobre el uso de insumos intermedios resulta en mayores niveles de productividad estimados para las fincas

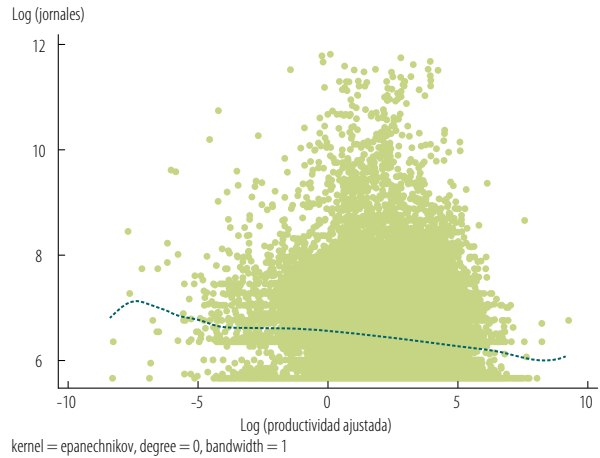
Gráfico 11
Relación entre la productividad estimada y el uso de la tierra y el trabajo

No existe una relación positiva entre la medida de productividad estimada y el uso de la tierra y el trabajo en las UPA. Sin embargo, existe una relación positiva entre la productividad estimada y el rendimiento promedio de la tierra y el trabajo. La productividad agrícola ajustada se relaciona con el rendimiento promedio de la tierra y el trabajo (una relación positiva), pero no con el uso de la tierra y el trabajo en las UPA.

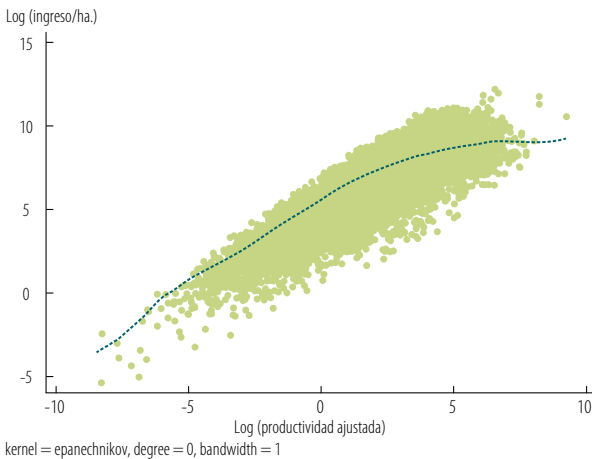
A.



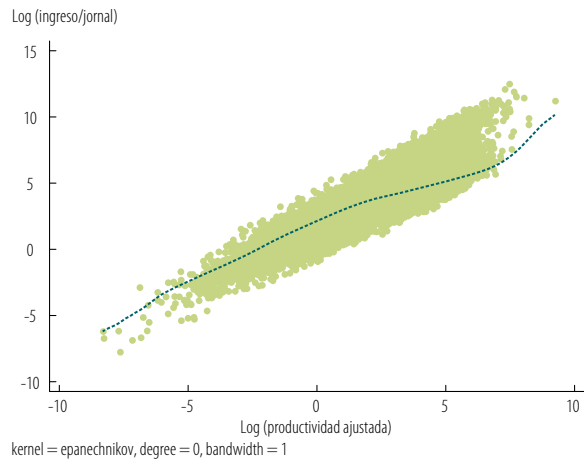
B.



C.



D.



Nota: la medida ingreso se refiere al valor bruto de la producción anual de la UPA (miles de pesos). En los paneles A y C el área se calcula como el área total de la UPA menos el área destinada a la producción pecuaria y el área en otros usos no agrícolas. En los paneles B y D el número de jornales se calcula como la cantidad de jornales equivalente al número de trabajadores permanentes de la UPA, más los jornales adicionales en el año. La productividad estimada corresponde al valor de s en la función de producción $y_i = (s, n_i)^{1-\theta_s} (q, l_i)^{\theta_s} k_i^{\alpha_s}$. Donde i representa la UPA, n el trabajo, l la tierra, q factores geográficos y climáticos que determinan el potencial productivo de cada finca (véase el Anexo 2.5.1), y k el valor de maquinaria agrícola. Se toman los valores de $\theta_s = 0,36$ y $\theta_k = 0,18$ propuestos por Adamopoulos *et al.* (2017) para China, y Restuccia y Santaaulalia-Llopis (2015) para Malawi. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre las variables y la muestra.

Fuente: DANE (3.º CNA, 2014); cálculos de los autores.

que utilizan un mayor nivel de insumos intermedios. Si estas son también las fincas más grandes, se debería observar una relación positiva entre la variable de productividad estimada y el tamaño de las fincas. Es decir que nuestros cálculos sobreestimarían la relación entre el tamaño de las fincas y la productividad²⁰. Pese a esta posible sobreestimación, no encontramos una relación positiva entre estas dos variables, lo cual nos da indicios para pensar que la tierra en Colombia no está siendo utilizada por quienes le dan el uso más eficiente. Consistente con esto, los paneles C y D muestran que existe una fuerte relación positiva entre los rendimientos promedio por hectárea y la productividad. Es importante interpretar los resultados de este análisis con cautela, y tener en cuenta las limitaciones en los datos que se han expuesto a lo largo de esta sección.

Aunque es informativo, el análisis agregado impide apreciar las diferencias que surgen de las distintas estructuras de producción en tipos de cultivos muy variados. En el Anexo 2.3 se demuestra que se encuentran resultados similares al analizar de manera independiente diferentes tipos de cultivos, con algunas excepciones como el caso de las UPA especializadas en la producción de caña de azúcar, café, palma africana y cereales.

2.3 Diferencias entre el sector agrícola en Colombia y los Estados Unidos

Las diferencias entre el sector agrícola de países en desarrollo y países desarrollados también se observan al comparar Colombia con los Estados Unidos. Por ejemplo, mientras que en Colombia un 16% de la mano de obra está empleada en el sector agrícola, en los Estados Unidos el empleo agrícola representa solo el 1,6% del empleo total. Además, las fincas en los Estados Unidos son en promedio diez veces más grandes y la productividad del trabajo doce veces mayor con respecto a Colombia.

Diversos factores pueden explicar las diferencias en productividad entre los dos países. En primer lugar, existen factores agregados que afectan la capacidad de todos los sectores de la economía para convertir el trabajo y capital en producto. Se trata, por ejemplo, del funcionamiento de instituciones, el mercado de crédito, el capital humano y la oferta de infraestructura vial, entre otros. Por otro lado,

20 Si las fincas más pequeñas utilizan más insumos intermedios que las fincas grandes, nuestro análisis subestimaría la posible relación positiva entre tamaño y productividad estimada. Sin embargo, con la función de producción que se supone para este análisis, un mayor uso de insumos intermedios por parte de fincas pequeñas daría indicios de ineficiencias en el mercado de estos insumos. Es importante tener en cuenta que la validez de este análisis recae sobre el supuesto de una función de producción Cobb-Douglas con la misma intensidad en el uso de factores para todas las fincas.

existen factores que determinan la productividad específica del sector agrícola y que difieren entre los dos países. Por ejemplo, condiciones geográficas y climáticas, el conflicto armado en zonas rurales, la producción de cultivos ilícitos y la informalidad en la tenencia de la tierra, entre otros.

En esta sección utilizamos el modelo teórico propuesto por Adamopoulos y Restuccia (2014) para cuantificar la contribución de estos factores en la brecha de productividad agrícola entre Colombia y los Estados Unidos. En el Anexo 2.4 se presentan las principales ecuaciones del modelo y en el Anexo 2.5 se explica su calibración.

Intuición del modelo

El modelo describe una economía que funciona de la siguiente manera. Existen dos sectores: el agrícola y el no agrícola. Un continuo de agentes escoge entre vender su fuerza de trabajo en el sector no agrícola o ser agricultor. Los agentes que deciden ser agricultores deben escoger una cantidad de tierra y capital físico, los cuales combinan con su trabajo para producir alimentos. La cantidad de alimentos que produce cada agricultor depende, además de la tierra y el capital, de la habilidad del agricultor. Para un nivel dado de tierra y capital los agentes más hábiles producen mayores volúmenes de alimentos. La contribución del capital y de la tierra al nivel de producción decrece a medida que el uso de estos factores aumenta. Es decir que una unidad adicional de tierra incrementa el producto en una menor proporción en los agricultores que tienen más tierra en uso. Lo mismo ocurre con el capital. Los agentes tienen una función de utilidad que depende del consumo de bienes agrícolas y de bienes no agrícolas. Esta función de utilidad incluye un nivel de consumo de subsistencia, el cual requiere que cada agente consuma una cantidad mínima de alimentos.

La condición de subsistencia en el consumo de alimentos implica que cualquier factor que reduzca el volumen total de alimentos que se puede producir en esta economía resulta en un aumento, más que proporcional, en el número de agricultores. Esto ocurre porque es necesario compensar la caída en los volúmenes de producción con más trabajo para mantener niveles de producción que satisfagan la condición de subsistencia. Al haber más personas trabajando en agricultura, la cantidad de tierra por agricultor y la productividad promedio de cada agricultor va a ser menor. De esta manera, el modelo predice que factores institucionales que reducen el potencial productivo de todos los sectores en la economía o del sector agrícola en específico resultan en una mayor proporción de ocupados en agricultura, una menor productividad por trabajador y un menor tamaño de las fincas.

El modelo también predice que, en un mundo sin fricciones, existe una relación directa entre la distribución de ha-

bilidades y de tamaño de las fincas: los agentes más hábiles demandan más tierra. Distorsiones en la rentabilidad de los factores que varían sistemáticamente con los niveles de habilidad y, por tanto, con las potenciales escalas de producción, causan escalas de producción diferentes a las eficientes.

Análisis cuantitativo

Las ecuaciones del modelo teórico nos permiten utilizar información de Colombia para cuantificar el papel de diferentes factores sobre la productividad agrícola, el tamaño promedio de las fincas y la proporción de mano de obra en agricultura. Para esto, primero tomamos como escenario base la economía de los Estados Unidos. Después, estimamos los parámetros del modelo para esta economía y hacemos ejercicios contrafactuales, en los que reemplazamos gradualmente algunos de estos parámetros con los valores que se observan en la economía colombiana. El modelo en el escenario base se calibró utilizando datos de 1990 para los Estados Unidos. Estos son los utilizados por Adamopoulos y Restuccia (2014) y se describen en detalle en el Anexo 2.5²¹.

El Cuadro 8 muestra los resultados de la primera parte de este ejercicio. Cada columna del cuadro presenta el valor de las variables de interés en los distintos escenarios. En la primera columna del cuadro se muestran los datos para los Estados Unidos en el escenario base. En la columna 6 se presentan los datos para Colombia. Con excepción del empleo en agricultura, que se presenta en la primera fila del cuadro, las demás variables de interés están normalizadas con respecto al valor en los Estados Unidos. Así, la proporción de empleados que trabaja en agricultura es 2,5% en Estados Unidos y 16,8% en Colombia. Las fincas estadounidenses son en promedio 10,13 veces más grandes que las colombianas; la productividad laboral en agricultura 12,5 más alta, y la productividad laboral en todos los sectores de la economía 4,07 veces más alta con respecto a Colombia. Las columnas 2 a 5 presentan las predicciones del modelo en los distintos escenarios que se consideran.

Condiciones geográficas y climáticas: en primer lugar, se explora el papel de las diferencias en la dotación de tierra apta para la agricultura en los dos países. Medimos estas diferencias en relación con el tamaño de la fuerza laboral en cada país. Nuestros cálculos sugieren que la dotación de tierra per cápita en los Estados Unidos es 56% mayor que la de Colombia²². La columna 3 presenta los resultados de la

21 Dado que el objetivo de esta sección es analizar la brecha de productividad entre los sectores agrícolas de los Estados Unidos y Colombia, la discusión que se presenta a continuación se abstrae del análisis de las variables en el sector no agrícola y se concentra en el resultado de los ejercicios contrafactuales sobre las principales variables del sector agrícola en el modelo: participación de la mano de obra en agricultura, tamaño promedio de las fincas y productividad promedio por trabajador.

22 Los datos para Estados Unidos corresponden a tierra cultivable de acuerdo con el censo agropecuario de 2012 (USDA-NASS, 2012). Para Colombia corresponden a la tierra con vocación agrícola y ganadera calculada por el IGAC. Las dos medidas se dividen por el tamaño de la fuerza laboral en cada país, con datos del Banco Mundial.

Cuadro 8
Efectos de los factores agregados relativos a los de los Estados Unidos

Los factores agregados permiten explicar cerca del 60% de las diferencias en el tamaño promedio de las fincas y en el porcentaje de trabajadores en agricultura entre Colombia y los Estados Unidos. Además, permiten explicar cerca del 50% de la brecha que se observa en la productividad agrícola.

	Estados Unidos	Predicciones del modelo				Colombia
		+ diferencias en tierra arable	+ diferencias en el potencial productivo agrícola	+ riesgo de expropiación	+ diferencias en productividad agregada y en capital	
Empleo en la agricultura (porcentaje)	2,50	2,59	2,97	3,00	9,72	16,80
Tamaño promedio de las fincas	1,00	1,61	1,85	1,87	6,06	10,13
Productividad laboral en la agricultura	1,00	1,07	1,35	1,37	6,26	12,50
Productividad laboral agregada	1,00	1,00	1,01	1,01	3,72	4,07
PTF	1,00	1,00	1,00	1,00	2,21	1,86

Nota: el cuadro presenta las predicciones del modelo cuando gradualmente se reemplazan algunos valores de los parámetros que corresponden a los Estados Unidos (escenario base), por los valores que se observan en la economía colombiana. Las columnas 2 a 5 presentan estas predicciones. La columna 1 muestra los datos para los Estados Unidos en el escenario base. La columna 7 presenta los datos para Colombia. Con excepción del empleo en agricultura (que se presenta en la primera fila del cuadro) las demás variables de interés están normalizadas con respecto al valor en los Estados Unidos.

Fuente: cálculos de los autores.

estimación del modelo para Estados Unidos si este tuviese la dotación de tierra de Colombia, manteniendo todo lo demás constante. Los resultados sugieren que la reducción en la cantidad de tierra disponible para agricultura causa un incremento de 9 puntos básicos en el porcentaje del empleo agrícola, además de una reducción del 61% en el tamaño promedio de las fincas y una reducción del 7% en la productividad por trabajador en agricultura. Estos cambios son relativamente pequeños, si se tiene en cuenta el tamaño de las brechas entre los dos países, y sugieren que las diferencias en la dotación de tierras no son un factor importante para explicar las disparidades en el desempeño del sector agrícola entre estos dos países.

La columna 3 incluye, además de las diferencias en la dotación de tierras, disparidades en la calidad de la tierra y las condiciones climáticas. Para calcularlas se utilizó información del proyecto Global Agro-Ecological Zones (GAEZ) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre la capacidad productiva en diferentes cultivos. Estos datos combinan información de la composición de los suelos, la temperatura, el nivel de lluvias, la elevación y la pendiente del terreno para estimar el potencial productivo mundial en píxeles, con una resolución de 5 minutos de arco (arcmin). Para comparar el potencial productivo entre los dos países se calculó el promedio ponderado del valor total de la producción potencial en cada uno de los píxeles que integra cada país. Se utilizaron los precios internacionales de los cultivos para realizar esta ponderación. En el Anexo 2.5.1 se describe en detalle el cálculo de esta variable. Los resultados indican que los Estados Unidos tienen un potencial productivo que es 24% mayor que el de Colombia.

Incluir estas diferencias geográficas en el modelo para los Estados Unidos resulta en un incremento de 0,5 pp en el empleo agrícola con respecto al escenario base; una reducción del 85% en el tamaño promedio de las fincas, y del 35% en la productividad laboral en agricultura. Estos cambios en las variables son pequeños en relación con la brecha que se observa entre los dos países y sugieren que una parte importante de esta brecha no se explica con diferencias en las condiciones geográficas y climáticas entre los dos países.

Despojo de tierras: el conflicto armado, que ha afectado de manera desproporcionada a las zonas rurales de Colombia, puede ser un factor importante para explicar el rezago del sector agrícola en el país. Algunos estudios han estimado que el efecto del conflicto sobre la tasa del crecimiento del PIB total en la economía ronda entre los 0,3 y 0,7 pp por año —véase, por ejemplo, Echeverry *et al.* (2001), Vargas (2003), Querubín (2004)—. Existen diferentes mecanismos mediante los cuales el conflicto afec-

ta la toma de decisiones de los productores agrícolas. Entre ellos, la destrucción de infraestructura y la intervención de actores armados en la actividad económica en zonas rurales, lo que incrementa los costos de transacción en mercados de insumos y productos agrícolas (Arias *et al.*, 2012). El reclutamiento, la muerte de personas y el desplazamiento reducen la disponibilidad de mano de obra para la agricultura y deterioran la acumulación de capital humano (Sánchez y Rodríguez, 2009). La destrucción de activos, el despojo de tierras y el riesgo de ataques directos a la población civil generan incertidumbre sobre los retornos de las inversiones productivas y llevan a los agricultores a adoptar estrategias de producción con baja rentabilidad para minimizar el riesgo de victimización (Arias *et al.*, 2018).

En el siguiente ejercicio contrafactual exploramos el efecto del riesgo de despojo de tierras sobre el desempeño del sector agrícola. Para esto incorporamos en el modelo de Adamopoulos y Restuccia (2014) la posibilidad de que una fracción fija de la tierra que opera cada agente sea despojada por un actor armado. Tras el despojo, esta tierra deja de ser utilizada para la producción agrícola, lo cual afecta la capacidad productiva de todo el sector. En el modelo suponemos que el riesgo de despojo afecta a todos los agentes por igual y actúa de manera similar a una reducción en el nivel de habilidad de los productores. Incrementos en la probabilidad de despojo afectan la capacidad de los agentes para materializar en producción las inversiones que realizan en la tierra. Esta reducción en la capacidad para producir alimentos resulta en una mayor proporción de agentes que se dedica a la agricultura, lo cual resulta en un menor tamaño promedio de las fincas y una menor productividad de la mano de obra en el sector. En el Anexo 2.4.2 se presentan las principales ecuaciones del modelo, incluyendo esta modificación.

Para estimar el riesgo de despojo, calculamos la proporción de tierras informales que ha sido declarada como despojada o en abandono a causa del conflicto, sobre el total de tierra en las unidades productoras del CNA. En el Anexo 2.5.2 se presentan los detalles de este cálculo. El número total de hectáreas declaradas como abandonadas o despojadas provenientes de predios presumiblemente informales o en municipios sin formación catastral es calculado por Arteaga *et al.* (2017) con un valor igual a los 5,2 millones de hectáreas. El número total de hectáreas en UPA del CNA es de 43 millones. Estos cálculos nos resultan en un riesgo de despojo de tierras del 12%. La columna 4 del Cuadro 8 presenta los resultados del modelo al incluir, además de los factores geográficos y climáticos que ya se discutieron, la probabilidad de despojo. Los resultados muestran un incremento pequeño en la proporción de empleo en agricultura, y una reducción también pequeña en el tamaño promedio de las fincas y en la productividad por trabajador agrícola.

Es importante tener en cuenta que el valor que utilizamos para estimar el riesgo de despojo representa una cota inferior del posible riesgo que enfrentan los agentes del sector, ya que se calcula solo con las tierras que han sido registradas en instancias formales. Por este motivo, hacemos ejercicios contrafactuales asumiendo probabilidades de despojo de 30% y 50% cuyos resultados se presentan en el Anexo 2.6. Este incremento en la probabilidad de despojo solo genera cambios marginales en la proporción de mano de obra en agricultura y el tamaño promedio de las fincas²³.

Por otro lado, este riesgo estimado de despojo captura el nivel de riesgo *ex post* que enfrentan los agentes. Es posible que anticipando la posibilidad de despojo los agricultores tomen acciones para protegerse. Estas pueden involucrar menores niveles de producción, para así reducir la proporción de tierras despojadas que se observan. Aquello puede llevar a que nuestros resultados subestimen los posibles efectos del despojo sobre las variables que se analizan, por lo que es necesario interpretarlos con precaución.

Diferencias en productividad agregada y capital: aspectos que afectan la PTF, tanto del sector agrícola como de los otros sectores de la economía, pueden explicar las brechas que se observan entre los Estados Unidos y Colombia. El modelo predice que, si bien estos factores afectan por igual la capacidad de transformar el trabajo y el capital en todos los sectores de la economía, el impacto sobre la productividad agrícola es mayor que en el resto de sectores. Esto ocurre por la existencia de una condición de subsistencia, que lleva a aumentos en la mano de obra agrícola que son más que proporcionales a la reducción en la PTF total de la economía. De manera similar, el acervo total de capital disponible en la economía, que en el modelo se supone exógeno, afecta la capacidad productiva en todos los sectores y, por tanto, la proporción de trabajadores en agricultura y la productividad del sector. En la columna 5 del Cuadro 8 estimamos la contribución de estos factores a las diferencias entre los Estados Unidos y Colombia. Tomamos una diferencia en la PTF entre los dos países de 0,46, calculada a partir de los datos construidos por Feenstra *et al.* (2015), y una diferencia en el acervo de capital del 10% (medida como la razón capital a producto) calculada por Lanau *et al.* (2017) y Walsh (2010).

23 Es importante tener en cuenta que el modelo supone una función de producción CES, con la cual es posible obtener niveles estrictamente positivos de producción sin utilizar tierra. Al incluir el riesgo de despojo en el modelo, esto implica que los agentes despojados pueden seguir produciendo con su capital y habilidad. Debido a las limitaciones en la disponibilidad de información, se incluye en el modelo y en el análisis cuantitativo el riesgo de despojo como un factor que afecta únicamente el acceso a la tierra y no el acceso al resto de activos productivos, ya que esta es la variable que mejor se ajusta a los datos disponibles.

Los resultados muestran que estos factores agregados permiten explicar una parte importante de las brechas en el sector agrícola entre los Estados Unidos y Colombia. Por una parte, el porcentaje estimado de empleo en agricultura aumenta 6,72 pp con respecto al ejercicio en el que solo se incluyen diferencias geográficas y el riesgo de despojo. El modelo ahora permite explicar cerca del 60% de las diferencias en el tamaño promedio de las fincas y en el porcentaje de trabajadores en agricultura. Además, es posible explicar cerca del 50% de la brecha que se observa entre los dos países en la productividad agrícola. Este resultado sugiere que la disponibilidad de capital productivo en la economía colombiana, además de factores que afectan la PTF en todos los sectores (como las instituciones, la disponibilidad de infraestructura y las inversiones en capital humano, entre otros) explican gran parte de las diferencias con los Estados Unidos en el tamaño de las fincas y en la productividad agrícola.

Distorsiones individuales: en el siguiente ejercicio exploramos si distorsiones en la capacidad productiva de los agentes, que varían sistemáticamente con su nivel de habilidad, permiten explicar parte de la brecha restante entre lo que se observa en los datos para Colombia y el escenario hipotético de los Estados Unidos con las condiciones geográficas, el riesgo de despojo, la PTF agregada y el capital agregado de la economía colombiana. Para esto seguimos la metodología propuesta por Restuccia y Rogerson (2008) e incluimos en el modelo una tasa de impuesto a la producción que aumenta con el nivel de habilidad de cada agente. Esta tasa de impuestos se calibra de tal manera que logre predecir la brecha que se observa entre los dos países en el tamaño promedio de las fincas²⁴.

Los resultados de este ejercicio se presentan en la columna 3 del Cuadro 9. Esta distorsión dependiente del tamaño de las fincas, junto con los demás factores que se incluyen en los ejercicios anteriores, explican aproximadamente el 93% del empleo agrícola en Colombia y el 85% de las diferencias en productividad de la mano de obra agrícola entre los dos países.

2.4 Conclusiones sobre el sector agrícola

Esta sección utiliza información del tercer *Censo nacional agropecuario* (DANE, 2014) para analizar la productividad agrícola en Colombia. Primero, se demuestra que la

24 La calibración de este parámetro utiliza la forma funcional propuesta en Adamopoulos y Restuccia (2014). La cual se puede escribir de la siguiente manera: $\tau_s = P(s) = 1 - \frac{1}{\exp(\varphi_s)}$. Donde φ es parámetro de distorsión que se calibra y s es la habilidad del productor.

Cuadro 9
Efectos de factores individuales relativos a los de los Estados Unidos

Las distorsiones institucionales más las diferencias en factores agregados, potencial agrícola y expropiación explican aproximadamente el 93% del porcentaje de empleo en la agricultura y el 85% de las diferencias en productividad de la mano de obra agrícola entre Colombia y los Estados Unidos.

	Estados Unidos	Predicciones del modelo		Colombia
		+ diferencias en factores agregados, potencial agrícola y expropiación	+ distorsiones institucionales	
Empleo en la agricultura (porcentaje)	2,50	9,72	15,65	16,80
Tamaño promedio de las fincas	1,00	6,06	10,13	10,13
Productividad laboral en agricultura	1,00	6,26	10,61	12,50
Productividad laboral agregada	1,00	3,72	3,98	4,07
PTF	1,00	2,21	2,16	1,86

Nota: el cuadro presenta las predicciones del modelo cuando gradualmente se reemplazan algunos valores de los parámetros que corresponden a los Estados Unidos (escenario base), por los valores que se observan en la economía colombiana. Las columnas 2 a 3 presentan estas predicciones. La columna 1 muestra los datos para los Estados Unidos en el escenario base. La columna 4 presenta los datos para Colombia. Con excepción del empleo en agricultura (que se presenta en la primera fila del cuadro), las demás variables de interés están normalizadas con respecto al valor en los Estados Unidos.

Fuente: cálculos de los autores.

agricultura familiar desempeña un papel importante en el sector, con una alta proporción de productores que operan pequeñas extensiones de tierra y utilizan principalmente mano de obra familiar. Después, se demuestra que existe una correlación positiva entre los ingresos por trabajador y el tamaño de las fincas, mientras que lo contrario ocurre con la relación entre los ingresos por hectárea y el área de las fincas. Este análisis se complementa con el cálculo de una medida de productividad que incorpora las diferencias en el uso de capital, tierra y trabajo entre distintas unidades productoras. Se explora la relación de esta medida de productividad con el tamaño de las fincas, la cantidad de jornales que emplean y los ingresos por hectárea y por jornal. Pese a que este análisis enfrenta algunas limitaciones debido a falencias en la disponibilidad de información y sus resultados deben ser interpretados con precaución, estos sugieren que la tierra y el trabajo agrícola en el país no están siendo utilizados en las fincas que tienen una mayor capacidad productiva.

Por último, en esta sección se analizan las brechas entre los Estados Unidos y Colombia en la participación de la mano de obra en agricultura, el tamaño promedio de las fincas y la productividad por trabajador agrícola. Se utiliza la metodología propuesta por Adamopoulos y Restuccia (2014) para cuantificar la contribución en estas brechas de características geográficas y climáticas, el conflicto armado, la PTF agregada de la economía, el acervo de capital disponible y las distorsiones en la rentabilidad de la producción que varían sistemáticamente con el tamaño de las fincas. Con este análisis se encuentra que una parte importante de estas brechas se explica con bajos niveles de capital productivo en la economía colombiana, además de factores que afectan la PTF en todos los sectores. Estos

resultados sugieren que existe un gran potencial de crecimiento para el sector agrícola en Colombia, si se tiene en cuenta que gran parte de las tierras en la frontera agrícola del país tienen potencial de generar economías de escala a partir de la mecanización y de inversiones fijas en preparación de los terrenos. Unos mayores flujos de capital para la producción en estas zonas, además de la disponibilidad de infraestructura, capital humano y tecnología, entre otros, podrían resultar en mejoras importantes en productividad en el sector agrícola del país.

Los resultados del análisis de brechas entre los Estados Unidos y Colombia también sugieren que distorsiones en la asignación de tierra entre agentes con distintos niveles de productividad son importantes para explicar la brecha que existe en el desempeño del sector agrícola entre Colombia y los Estados Unidos. Cuáles son las causas de estas distorsiones individuales en el sector agrícola es una pregunta que queda abierta para futuras investigaciones.

Es posible que las altas tasas de informalidad en la propiedad de la tierra cumplan un papel importante en la generación de estas distorsiones. La informalidad desincentiva las inversiones productivas, al generar incertidumbre sobre la tenencia. También, dificulta las transacciones de tierras hacia agentes que son potencialmente más productivos.

3. Conclusiones

En este artículo de *Ensayos sobre Política Económica* buscamos entender por qué la economía colombiana es cerca de la mitad de productiva que la de los Estados Unidos. Nuestro

análisis se enfoca en cuantificar la contribución macro-económica de políticas e instituciones que distorsionan los precios relativos de la economía y, en consecuencia, las decisiones de producción de los agentes productivos. Iniciamos cuantificando el impacto de las políticas e instituciones sobre el sector no agrícola colombiano (ubicado principalmente en las ciudades) y, posteriormente, enfocamos nuestro análisis en el sector agrícola (ubicado, en particular, en las zonas rurales del país).

Nuestros resultados indican que, en el caso del sector no agrícola, las políticas y posturas institucionales que impactan directamente sobre todos los establecimientos no generan una caída significativa en la productividad total de los factores, como sí lo hacen aquellas que se enfocan específicamente en impactar a los establecimientos más productivos. En términos cuantitativos, afectar a las firmas más productivas con una distorsión del orden del 40% en magnitud se traduce en una caída de la PTF del 43% con respecto al caso sin distorsiones. En este escenario el diseño de políticas de contrapeso (que beneficien a los establecimientos menos productivos) no produce el efecto deseado de contrarrestar la caída en productividad.

En un ejercicio complementario, en el que se sustituyen las distorsiones hipotéticas por unas construidas a partir de información de impuestos pagados por los establecimientos incluidos en este estudio, se muestra que esta clase de distorsiones se aproxima al caso en el que existe una correlación positiva entre distorsión y productividad individual. Por ende, se infiere del ejercicio que estas distorsiones tributarias calculadas no son suficientes para explicar el bajo nivel relativo de la PTF de la economía colombiana. Si bien este ejercicio constituye un primer acercamiento, es importante desarrollar una agenda de investigación rigurosa, empírica y detallada sobre por qué la economía no agrícola colombiana es improductiva.

Pasando al sector agrícola, un primer factor destacable en la economía colombiana es la preponderancia de la agricultura familiar desarrollada en pequeñas extensiones de tierra. Por otro lado, se encuentra que existe una correlación positiva entre los ingresos por trabajador y el tamaño de las fincas, mientras que la relación entre los ingresos por hectárea y área de las fincas es negativa. Todo lo anterior, sumado a algunas medidas de productividad y su

relación con el tamaño de las fincas, los jornales y los ingresos, conlleva a concluir, con limitaciones, que la tierra y el trabajo agrícola en el país no están siendo utilizados en las fincas con mayor capacidad productiva.

En cuanto a la brecha en productividad con respecto a una economía de referencia como la de los Estados Unidos, este estudio encuentra que una parte importante de dicha brecha se explica por los bajos niveles de capital productivo en Colombia, sumado a factores que afectan la PTF en todos los sectores. Ello conlleva a sugerir que existe un gran potencial de crecimiento para el sector agrícola colombiano, dado que un gran porcentaje de las tierras cultivables tienen potencial para generar economías de escala mediante la inversión en capital físico en actividades como la preparación de los terrenos. Ello puede complementarse con la inversión en infraestructura, capital humano y tecnología, elementos que pueden incrementar la productividad del sector.

Otra parte de dicha brecha se explica por las distorsiones en la asignación de tierras entre agentes con distintos niveles de productividad. No obstante, el diagnóstico e identificación de las fuentes de tales distorsiones deberán ser materia para futuras investigaciones, aunque es un hecho factible que las altas tasas de informalidad en la propiedad de la tierra desempeñen un papel importante en su generación. La informalidad desincentiva las inversiones productivas por la incertidumbre que se genera alrededor de su tenencia en el tiempo, además del desarrollo de transacciones legales, lo que puede facilitar la transmisión de tierras de los menos productivos hacia los más productivos.

Como gran conclusión general del estudio se puede mencionar que existe un factor común en la explicación de la baja productividad de la economía colombiana con respecto a una economía más eficiente como la de Estados Unidos e, incluso, con respecto a otras economías similares: la existencia de políticas e instituciones que afectan la productividad de los establecimientos productivos en el país. Si bien este estudio es un primer paso hacia una radiografía plena del problema, de todas las evidencias disponibles se infiere que es probable que sean distorsiones provocadas por políticas e instituciones que afectan a los más productivos las causantes de la baja productividad colombiana.

Referencias

- Acemoglu, Daron (2009). *Introduction to Modern Economic Growth*, Department of Economics, Massachusetts Institute of Technology.
- Adamopoulos, Tasso; Restuccia, Diego (2014). “The Size Distribution of Farms and International Productivity Differences”, *American Economic Review*, vol. 104, núm. 6, pp.1667-1697,
- Adamopoulos, Tasso; Brandt, Loren; Leight, Jessica; Restuccia, Diego (2017). “Misallocation, Selection and Productivity: A Quantitative Analysis with Panel Data from China”, Working Paper, núm. 23039, National Bureau of Economic Research.
- Alfaro, Laura; Charlton, Andrew; Kanczuk, Fabio (2008). “Plant-size Distribution and Cross-country Income Differences”, International Seminar on Macroeconomics, National Bureau of Economic Research.
- Arias, María A.; Ibáñez, Ana M.; Zambrano, Andrés (2018). “Agricultural Production Amid Conflict: Separating the Effects of Conflict into Shocks and Uncertainty”, *World Development*.
- Arias, María Alejandra; Ibáñez, Ana María (2012). “Conflicto armado en Colombia; producción agrícola: ¿aprenden los pequeños productores a vivir en medio del conflicto?”, documento CEDE, Universidad de los Andes.
- Arteaga, Julián; Osorio, Carolina; Cuéllar, Diana; Ibáñez, Ana María; Botero, Rocío; Murcia, Manuel; Neva, Javier; Rey, Doris Inés (2017). “Fondo de tierras del acuerdo agrario de la habana: estimaciones; propuestas alternativas”, documento CEDE, Universidad de los Andes.
- Baily, Martin; Hulten, Charles; Campbell, David (1992). “Productivity Dynamics in Manufacturing Plants”, *Brooking Papers on Economic Activity: Microeconomics 1992*, Economic Studies Program, The Brookings Institution, vol. 23, pp. 187-267.
- Banco Mundial (2016). “Agricultura, pesca; silvicultura, valor agregado (% of PIB)” [en línea], presentación, disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/nv.agr.totl.zs>, Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE.
- Berry, Albert (2017). *Avance y fracaso en el agro colombiano: siglos XX y XXI*, Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Caselli, Francesco (2005). “Accounting for Income Differences across Countries”, *Handbook of Economic Growth*, vol. 1, chap. 9.
- Chu, Tianshu (2002). “Exit Barriers and Productivity Stagnation”, manuscrito, University of Hawai’i.
- Cole, Harold; Ohanian, Lee; Riascos, Álvaro; Schmitz, James (2006). Latin America in the Rearview Mirror. *Quarterly Review*, núm. 3011, Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- De-Soto, Hernando (1989). *The Other Path: The Invisible Revolution in the Third World*, New York: Harper and Row.
- Djankov, Simeon; La-Porta, Rafael; de Silanes, Florencio; Shleifer, Andrei (2002). “The Regulation of Entry”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, pp. 1-37.
- Echeverry, Juan C.; Salazar, Natalia; Navas, Verónica (2001). “El conflicto colombiano en el contexto internacional”, en Astrid Martínez (ed.), *Economía, crimen y conflicto*, pp. 79-115, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Alcalá y Banco Santander Central Hispano.
- Eswaran, Mukesh; Kotwal, Ashok (1985). “A Theory of Contractual Structure in Agriculture”, *The American Economic Review*, vol. 75, núm. 2, pp. 352-367.
- Fan, Shenggen; Zhang, Linxiu; Zhang, Xiaobo (2002). “Growth, Inequality, and Poverty in Rural China: The Role of Public Investments”, Research Report, núm. 125, International Food Policy Research Institute (IFPRI).

- Fedna (2018). “Semilla de algodón”, reporte técnico, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (Fedna).
- Feenstra, Robert C.; Inklaar, Robert; Timmer, Marcel P. (2015). “The Next Generation of the Penn World Table”, *American Economic Review*, vol. 105, núm. 10, pp. 3150-3182.
- Foster, Andrew D.; Rosenzweig, Mark R. (1994). “A Test for Moral Hazard in the Labor Market: Contractual Arrangements, Effort, and Health”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 76, núm. 2, pp. 213-227.
- Foster, Andrew D.; Rosenzweig, Mark R. (2011). “Are Indian farms too Small? Mechanization, Agency Costs, and Farm Efficiency”, unpublished manuscript, Brown University and Yale University.
- Fuglie, Keith O. (2010). “Accelerated Productivity Growth Offsets Decline in Resource Expansion in Global Agriculture”, U.S. Department of Agriculture, Amber Waves.
- Gollin, Douglas; Rogerson, Richard (2014). “Productivity, Transport Costs and Subsistence Agriculture”, *Journal of Development Economics*, vol. 107, pp. 38-48.
- Gollin, Douglas; Lagakos, David; Waugh, Michael E. (2014). “Agricultural Productivity Differences across Countries”, *The American Economic Review*, vol. 104, núm. 5, pp. 165-170.
- Guner, Nezih; Ventura, Gustavo; Xu, Yi (2008). “Macroeconomic Implications of Size-Dependent Policies”, *Review of Economic Dynamics*, vol. 11, núm. 4, pp. 721-744.
- Hall, Robert; Jones, Charles (1999). “Why Do some Countries Produce so Much More Output Per Worker than Others?”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 114.
- Hamann, Franz; Mejía, Luis-F. (2011). “Formalizando la informalidad empresarial en Colombia”, Borradores de Economía, núm. 676, Banco de la República.
- Hamann, Franz; Lozano, Ignacio; Mejía, Luis-F. (2011). “Sobre el impacto macroeconómico de los beneficios tributarios al capital”, Borradores de Economía, núm. 668, Banco de la República.
- Herrendorf, Berthold; Rogerson, Richard; Valentinyi, Akos (2014). “Growth and Structural Transformation”, *Handbook of Economic Growth*, vol. 2, pp. 855-941.
- Hopenhayn, Hugo (1992). “Entry, Exit, and Firm Dynamics in Long Run Equilibrium”, *Econometrica*, vol. 60, núm. 5, pp. 1127-1150.
- Hopenhayn, Hugo; Rogerson, Richard (1993). “Job Turnover and Policy Evaluation: A General Equilibrium Analysis”, *Journal of Political Economy*, vol. 101, núm. 5, pp. 915-938.
- Hsieh, Chang-Tai; Klenow, Peter (2009). “Misallocation and Manufacturing TFP in China and India”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 124, núm. 4, pp. 1403-1448.
- Klenow, Peter; Rodríguez-Clare, Andrés (2005). “Externalities and Economic Growth”, *Handbook of Economic Growth*, vol. 1, cap. 11.
- Lanau, Sergi; Roldos, Jorge; Rodríguez-Delgado, José D. (2017). Potential Growth in Colombia. IMF Working Papers 17/238, International Monetary Fund.
- Lucas, Robert (1978). “On the Size Distribution of Firms”, *The Bell Journal of Economics*, vol. 9, núm. 2, pp. 508-523.
- Midrigan, Virgiliu; Xu, Daniel (2014). “Finance and Misallocation: Evidence from Plant-Level Data”, *American Economic Review*, vol. 104, núm. 2, pp. 422-458.
- Moll, Benjamin (2014). “Productivity Losses from Financial Frictions: Can Self-financing undo Capital Misallocation?”, *American Economic Review*, vol. 104, num. 10, pp. 3186-3221.
- Prescott, Edward; Parente, Stephen (1999). “Monopoly Rights: A Barrier to Riches”, *American Economic Review*, vol. 89, núm. 5, pp. 1216-1233.

- Querubín, Pablo (2004). “Crecimiento departamental; violencia criminal en Colombia”, documento CEDE, Universidad de los Andes.
- Ranasinghe, Ashantha; Restuccia, Diego (2018). “Financial Frictions and the Rule of Law”, Working Papers tecipa-601, University of Toronto, Department of Economics.
- Restuccia, Diego; Rogerson, Richard (2008). “Policy Distortions and Aggregate Productivity with Heterogeneous Establishments”, *Review of Economic Dynamics*, vol. 11, núm. 4, pp. 707-720.
- Restuccia, Diego; Santaaulalia-Llopis, Raúl (2015). “Land Misallocation and Productivity”, Working Paper, núm. 541, University of Toronto, Department of Economics.
- Restuccia, Diego; Yang, Dennis T.; Zhu, Xiaodong (2008). “Agriculture and Aggregate Productivity: A Quantitative Cross-Country Analysis”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 55, núm. 2, pp. 234-250.
- Rossi-Hansberg, Esteban; Wright, Mark L. J. (2007). “Establishment Size Dynamics in the Aggregate Economy”, *American Economic Review*, vol. 97, núm. 5, pp. 1639-1666.
- Sánchez, Fabio; Rodríguez, Catherine (2009). “Armed Conflict Exposure, Human Capital Investments and Child Labor: Evidence from Colombia”, documento CEDE, Universidad de los Andes.
- Buera, Francisco; Yongseok, Shin (2007). “Financial Frictions and the Persistence of History: A Quantitative Exploration”, Meeting Papers, núm. 300, Society for Economic Dynamics, 300.
- Valentinyi, Akos; Herrendorf, Berthold (2008). “Measuring Factor Income Shares at the Sector Level”, *Review of Economic Dynamics*, vol. 11, núm. 4, pp. 820-835.
- Vargas, Juan F. (2003). “Conflicto interno y crecimiento económico en Colombia”, tesis de pregrado, Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- Walsh, Carl (2010). *Monetary Theory and Policy*, Cambridge: The MIT Press.

Anexo 1

Sector no agrícola

1.1 Modelo de Restuccia y Rogerson (2008)

El modelo consiste en una versión estándar del modelo de crecimiento neoclásico aumentado para estudiar la heterogeneidad por firma, siguiendo los estudios de Hopenhayn (1992), y Hopenhayn y Rogerson (1993). Las firmas tienen acceso a una tecnología con rendimientos decrecientes a escala y pagan un único costo de entrada y un costo fijo de operación cada período. Las firmas pueden salir del mercado aleatoriamente a una tasa exógena y así, en estado estacionario, hay una continua entrada y salida de firmas.

Existe un hogar representativo con vida en un horizonte infinito de tiempo, el cual tiene preferencias sobre flujos de bienes de consumo en cada período. Las preferencias del hogar están descritas por la función de utilidad:

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(C_t)$$

Donde C_t es el consumo en el período t y $0 < \beta < 1$ es el factor de descuento. El hogar está dotado con una unidad de tiempo productivo cada período y con $K_0 > 0$ unidades de acervo de capital en el período 0.

Por otro lado, la unidad de producción es la firma. Cada firma está descrita por una función de producción $f(s, k, n)$, la cual combina capital k y trabajo n para producir. La función de producción f es asumida con retornos decrecientes a escala en sus insumos. El parámetro s varía entre firmas y, de esta forma, captura el hecho de que la tecnología cambia entre estas. Se supone también que s es invariante en el tiempo para una firma dada, y que la forma funcional de la producción es:

$$f(s, k, n) = sk^\alpha n^\gamma, \quad \alpha, \gamma \in (0, 1), \quad 0 < \gamma + \alpha < 1$$

Esta forma funcional implica que la razón capital/trabajo sea la misma entre establecimientos en un equilibrio sin distorsiones. Este supuesto permite enfocar la atención en la asignación de recursos entre firmas, las cuales difieren únicamente en el nivel de la PTF.

Se asume que hay un costo fijo de operación igual a c_f . Además, se asume que en cada período, luego de que se realiza la producción, cada establecimiento enfrenta una probabilidad constante de salir del mercado λ .

Nuevas firmas pueden ser creadas pagando un costo de entrada c_e . Luego de pagar el costo de entrada se toma una reali-

zación del parámetro de productividad s de una distribución. De esta forma, s puede tomar un valor dentro de un conjunto discreto de posibles valores de productividad, los cuales provienen de una función de distribución de probabilidad $h(s)$. Sea E_t la masa de entrantes, se asume, por último, que hay un número ilimitado de potenciales entrantes.

La condición de factibilidad en el modelo requiere que:

$$C_t + X_t + c_e E_t \leq Y_t - M_t c_f$$

Donde C_t es el consumo agregado, X_t es la inversión agregada, E_t la masa de entrantes, Y_t el producto agregado y M_t la masa de firmas ya establecidas en el mercado.

La regla de acumulación de capital está dada por:

$$K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + X_t$$

Equilibrio: el modelo se concentra exclusivamente en el equilibrio competitivo de estado estacionario. En este equilibrio los precios de contratar servicios de capital (r) y de trabajo (w) serán constantes. El acervo agregado de capital será constante y habrá una distribución estacionaria de firmas por tipo de negocio.

El algoritmo que puede ser utilizado para solucionar recursivamente el equilibrio de estado estacionario está descrito por: 1) hallar la renta del capital de estado estacionario del problema del consumidor; 2) dada la renta del capital, la condición de cero beneficios para las firmas que entran determinará la tasa de salarios de estado estacionario, y 3) dado que la oferta de trabajo es inelástica, la demanda por trabajo de equilibrio debe ser igual a 1, lo cual determina la entrada de firmas.

El problema de los consumidores consiste en:

$$\max_{\{C_t, K_{t+1}\}_{t=0}^{\infty}} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(C_t)$$

sujeto a:

$$\sum_{t=0}^{\infty} p_t (C_t + K_{t+1} - (1 - \delta) K_t) = \sum_{t=0}^{\infty} p_t (r_t K_t + w_t N_t + \Pi_t - T_t)$$

Donde p_t es el precio de los bienes de consumo en el período t ; w_t y r_t son la tasa de salarios y la renta del capital relativas al producto en el período t ; Π_t es el beneficio total de las operaciones de todas las firmas, y T_t son los impuestos de suma fija gravados por el gobierno.

Usar las condiciones de primer orden para este problema permite concluir que si hay una solución, con r_t y C_t constantes, se satisface¹:

$$r = \frac{1}{\beta} - (1 - \delta)$$

Por otro lado, dado que el problema de decisión de las firmas para contratar capital y trabajo es estático; entonces, este es un problema de maximización de los beneficios de cada período y, así, la decisión de continuar operando se reduce a determinar si los beneficios no son negativos, teniendo en cuenta que, como se mencionó, el valor de la productividad de la firma s es invariante en el tiempo.

El problema de optimización de la firma que opera en el mercado es:

$$\pi(s, \tau) = \max_{n, k \geq 0} (1 - \tau) s k^\alpha n^\gamma - wn - rk - c_f$$

En donde τ son las distorsiones que enfrentan las firmas.

Las demandas óptimas de factores están dadas por:

$$\bar{k}(s, \tau) = \left(\frac{\alpha}{r} \right)^{\frac{1-\gamma}{1-\gamma-\alpha}} \left(\frac{\gamma}{w} \right)^{\frac{\gamma}{1-\alpha-\gamma}} ((1-\tau)s)^{\frac{1}{1-\alpha-\gamma}}$$

$$\bar{n}(s, \tau) = \left(\frac{(1-\tau)s\gamma}{w} \right)^{\frac{1}{1-\gamma}} (k)^{\frac{\alpha}{1-\gamma}}$$

Dado que la productividad por firma y las distorsiones sobre aquellas son constantes a lo largo del tiempo, el valor presente descontado de una firma que opera en el mercado está dado por:

$$W(s, \tau) = \frac{\pi(s, \tau)}{1 - \rho}$$

Con:

$$\rho = \frac{1 - \lambda}{1 + R}$$

En donde ρ es la tasa de descuento para la firma, R hace referencia a la tasa de interés real, descrita por $R = r - \delta$, y λ es la tasa exógena de salida del mercado.

Las potenciales firmas entrantes toman su decisión sabiendo que enfrentan una distribución sobre potenciales valores aleatorios sobre el par (s, τ) . Sea W_e el valor presente descontado de una potencial firma entrante, el problema está dado por:

$$W_e = \sum_{s, \tau} \max_{\bar{x} \in (0, 1]} \{ \bar{x}(s, \tau) W(s, \tau) g(s, \tau) - c_e \}$$

en donde $\bar{x}(s, \tau)$ representa la decisión óptima de entrar al mercado y toma el valor $\bar{x} = 1$ si entra al mercado y se mantiene en operación; y $g(s, \tau)$ es la función de distribución conjunta de los posibles valores de productividad s y de distorsión τ .

1 De las condiciones de primer orden del problema del consumidor se obtiene la siguiente ecuación de Euler: $C_t = \beta E_t C_{t+1} ((1 - \delta) + r_t)$. Tomando a r_t y a C_t constantes, se obtiene $r = \frac{1}{\beta} - (1 - \delta)$.

Existe una distribución invariante de firmas que producen sobre las características por firma (s, τ) asociada con $E = 1$, descrita por

$$\hat{\mu}(s, \tau) = \frac{\bar{x}(s, \tau)}{\lambda} g(s, \tau), \quad \forall s, \tau$$

El vaciamiento del mercado requiere que la demanda agregada de trabajo esté dada por:

$$N(r, w) = E \sum_{s, \tau} \bar{n}(s, \tau) \hat{\mu}(s, \tau)$$

y teniendo en cuenta que la oferta de trabajo es inelástica e igual a 1, la entrada de firmas satisface:

$$E = \frac{1}{\sum_{s, \tau} \bar{n}(s, \tau) \hat{\mu}(s, \tau)}$$

De esta forma, un equilibrio competitivo de estado estacionario con entrada de firmas consiste en:

- una tasa de salarios w ,
- una tasa de renta de capital r ,
- un impuesto de suma fija T ,
- una distribución invariante de firmas $\mu(s, \tau)$,
- una masa de entrantes E ,
- funciones de valor $W(s, \tau)$, $\pi(s, \tau)$, W_e ,
- funciones de política $\bar{x}(s, \tau)$, $\bar{k}(s, \tau)$, $\bar{n}(s, \tau)$,
- niveles agregados de consumo C y capital K ,
- tales que resuelven el problema del consumidor, de las firmas, del gobierno, de libre entrada y de vaciamiento del mercado.

1.2 Calibración de los parámetros del modelo para el sector no agrícola

Para la calibración del modelo no agrícola se clasifican los parámetros en dos grupos: asignados y calibrados. Los parámetros del primer grupo son fijados con base en estimaciones previas y valores comunes de la literatura económica colombiana e internacional. Al respecto, véase el Cuadro A1.1.

La calibración del segundo grupo de parámetros se realiza en dos etapas: en primer lugar, se estiman los parámetros relacionados con las participaciones del capital (α) y el trabajo (γ) en la producción de las firmas para cada uno de los sectores estudiados: industria, comercio, servicios y para el agregado. Luego, utilizando la información de la primera etapa de calibración de los parámetros, se define el rango de valores para la productividad por establecimientos, con el fin de reconstruir la distribución del número de empleados por cada firma colombiana.

Para calibrar los parámetros relacionados con las participaciones del capital y del trabajo en la producción de las firmas, se sigue la metodología de Valentyni y Herrendorf (2008) y se usan las matrices de oferta y de utilización calculadas para Colombia por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Cuadro A1.1
Parámetros asignados

Parámetro	Notación	Valor	Fuente o variable objetivo
Tasa de descuento	β	0,97	Tasa de interés real, $r = 3\%$
Tasa de depreciación	δ	0,07	Hamann <i>et al.</i> (2011)
Tasa de salida anual	λ	0,10	Valor estándar en la literatura
Costo fijo de entrada al mercado	C_e	1,00	Normalización
Costo fijo de operación	C_f	0,00	Normalización

En primer lugar, se asume que el nivel de producto del sector resulta de la combinación de capital y trabajo utilizando una tecnología descrita por una función Cobb-Douglas:

$$\frac{Y_j}{P_j} = A_j K_j^{\theta_j} H_j^{1-\theta_j} \quad (1)$$

En donde K_j representa el capital, H_j hace referencia al trabajo y P_j corresponde al nivel de precios. Teniendo en cuenta que en la función de producción descrita en la ecuación (1) no se tienen en cuenta insumos intermedios, se calcula una medida de θ_j que refleje la participación del capital tanto en la producción del bien en el sector j como en todos los bienes intermedios que se usan en la producción de dicho bien, utilizando para esto la información contenida en las matrices de oferta ($B_{z \times n}$), las cuales miden cuál es la participación del sector i en la producción del bien en el sector j , y de utilización ($W_{n \times z}$), que hace referencia a cuál es el monto en pesos del bien producido en el sector i que el sector j utiliza por cada peso de producto en este sector.

Con las matrices de oferta y de utilización es posible construir una matriz de requerimientos total de sector por cada bien ($R_{n \times z}$), la cual representa el monto en valor del producto del sector i necesario directa e indirectamente para producir el bien en el sector j con destino a consumo final. Dicha matriz está descrita por:

$$R_{n \times z} = W(I - BW)^{-1}$$

Por último, es necesario calcular una medida de ingreso por capital (α_{ki}) y otra por trabajo (α_{hi}) asociado a un nivel de producto del sector i . Para calcular α_{ki} y α_{hi} se usan las medidas de ingresos por capital y trabajo incluidas en el valor agregado por sector de la matriz de insumo-producto publicada por el DANE con datos del año 2010, siguiendo las siguientes fórmulas:

$$\alpha_{ki} = \frac{1}{g_i} \left(ebe_i + im_i \frac{ebe_i}{ebe_i + ra_i} \right)$$

$$\alpha_{hi} = \frac{1}{g_i} \left(ra_i + im_i \frac{ra_i}{ebe_i + ra_i} \right)$$

Donde ebe representa el excedente bruto de explotación; ra la remuneración a los asalariados; im el ingreso mixto, y g el nivel de producto en el sector i .

De esta forma, teniendo en cuenta la matriz de requerimientos (R), las medidas de ingreso por capital (α_k) y por trabajo (α_h) para cada sector y un vector de gasto en bienes finales (y_j), la participación del capital en el sector j está descrita como:

$$\theta_j = \frac{\alpha'_k R y_j}{(\alpha'_k + \alpha'_h) R y_j}$$

Los resultados de este procedimiento se presentan en los cuadros A1.2 y A1.3. De manera general, se destacan la alta participación del capital en los sectores de minería, establecimientos financieros, construcción y servicios públicos, mientras que el factor trabajo es intensivamente empleado en la agricultura, comercio, restaurantes y hoteles. Para los tres sectores económicos relevantes en este estudio, la participación del capital es en promedio 0,38, mientras que para el trabajo dicha participación es de 0,62; es decir, para los sectores de industria manufacturera, comercio y servicios se usa con mayor intensidad el trabajo con respecto al capital.

No obstante, aún no se cuenta con las participaciones de capital relevantes para calibrar adecuadamente el modelo. Dado que la medida de participación del capital en la producción solamente hace referencia a capital físico, dejando por fuera el control de otras formas de capital como edificaciones, terrenos, equipos de transporte y otros, es necesario extraer aquella porción que se refiere explícitamente a una medida real de capital físico, la cual es aproximada en la literatura por el rubro de propiedad, planta y equipo. Utilizando los módulos de capital disponibles en cada una de las encuestas trabajadas en este estudio, se construyen ponderadores que permiten desagregar el dato presentado en el Cuadro A1.3 para los casos de terrenos y edificaciones, propiedad, planta y equipo, equipo de transporte, comunicaciones y de oficina, y otros activos depreciables.

El resultado de este ejercicio se presenta en el Cuadro A1.4. Resaltan varios hechos: descontar otras formas de capital resulta en una disminución del capital fijo en todos los sectores trabajados aquí. En efecto, en los sectores de comercio y servicios, donde su capital consiste esencialmente en todas aquellas formas distintas a máquinas para producir, es natural encontrar tan baja participación. Por otro lado, en la industria manufacturera el capital mantiene una más alta participación con respecto a los dos sectores mencionados.

Cuadro A1.2
Participación del capital en la producción en Colombia

Año	Sector							
	Agricultura	Minería	Manufacturas	Servicios públicos	Construcción	Comercio	Restaurantes y hoteles	Establecimientos financieros
2000	0,19	0,84	0,42	0,73	0,60	0,25	0,27	0,82
2001	0,20	0,82	0,43	0,74	0,60	0,25	0,27	0,82
2002	0,20	0,82	0,43	0,73	0,59	0,25	0,27	0,81
2003	0,20	0,82	0,44	0,73	0,59	0,25	0,27	0,80
2004	0,20	0,82	0,45	0,74	0,59	0,25	0,27	0,80
2005	0,20	0,83	0,45	0,74	0,59	0,26	0,27	0,80
2006	0,20	0,83	0,46	0,74	0,59	0,26	0,27	0,79
2007	0,20	0,82	0,45	0,74	0,59	0,26	0,27	0,79
2008	0,21	0,84	0,46	0,74	0,59	0,26	0,27	0,78
2009	0,20	0,83	0,47	0,74	0,60	0,26	0,27	0,78
2010	0,20	0,85	0,47	0,73	0,60	0,26	0,27	0,78
2011	0,20	0,86	0,48	0,73	0,60	0,26	0,27	0,78
2012	0,20	0,87	0,49	0,73	0,60	0,26	0,27	0,77
2013	0,20	0,86	0,48	0,74	0,60	0,26	0,27	0,77
2014	0,19	0,85	0,46	0,73	0,60	0,26	0,26	0,77
2015	0,19	0,82	0,45	0,74	0,60	0,25	0,26	0,77
2016	0,19	0,80	0,45	0,74	0,60	0,25	0,26	0,77

Fuente: DANE (matrices de oferta y utilización); cálculos de los autores.

En el presente estudio las participaciones del capital físico y del trabajo se calculan tomando promedios de los valores anuales desde el año 2010 hasta el año 2016 con el fin de guardar consistencia entre los ejercicios. Los resultados se reportan en el Cuadro A1.5.

La segunda etapa de calibración de los parámetros denominados como calibrados toma como insumo la participación del capital y del trabajo en la producción y busca definir el rango de valores para la productividad por establecimiento, con el fin de reconstruir la distribución del número de empleados por firma en Colombia para cada uno de los sectores. En la economía de referencia se define una relación directa entre la productividad por firma y su nivel de empleo, definida por la demanda relativa por trabajo entre dos establecimientos i y j , dada por:

$$\frac{n_i}{n_j} = \left(\frac{s_i}{s_j} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\gamma}}$$

Finalmente, la distribución de productividad de los establecimientos es aproximada con una malla de 1.000 puntos, espaciada en términos de logaritmos con el fin de obtener más puntos en la parte baja de la distribución acumulada con respecto a su parte alta. Además, esta distribución calibrada asume que los establecimientos se encuentran uniformemente distribuidos dentro de cada intervalo de tamaño de estable-

cimientos, por lo que es posible usar una interpolación lineal para generar la distribución acumulada. Los resultados de este ejercicio se reportan en el Cuadro A1.5.

1.3 Cálculo de distorsiones tributarias

Se construyen medidas de distorsión presentes en la economía colombiana con base en la información de impuestos declarados por cada uno de los establecimientos que diligenciaron las encuestas anuales manufactureras, de comercio y de servicios.

Para la construcción de la distorsión sobre el producto se sigue la siguiente fórmula:

$$\tau^y = \frac{CREE + ICA}{VA}$$

Donde *CREE* se refiere al impuesto sobre la renta para la equidad, *ICA* es el impuesto de industria y comercio y *VA* es el valor agregado de cada uno de los establecimientos encuestados.

De manera complementaria, una distorsión al capital se construye siguiendo la fórmula:

$$\tau^k = \frac{CREE + ICA + IT}{ENE}$$

Cuadro A1.3
Participación del trabajo en la producción en Colombia

Año	Sector							
	Agricultura	Minería	Manufacturas	Servicios públicos	Construcción	Comercio	Restaurantes y hoteles	Establecimientos financieros
2000	0,81	0,16	0,58	0,27	0,40	0,75	0,73	0,18
2001	0,80	0,18	0,57	0,26	0,40	0,75	0,73	0,18
2002	0,80	0,18	0,57	0,27	0,41	0,75	0,73	0,19
2003	0,80	0,18	0,56	0,27	0,41	0,75	0,73	0,20
2004	0,80	0,18	0,55	0,26	0,41	0,75	0,73	0,20
2005	0,80	0,17	0,55	0,26	0,41	0,74	0,73	0,20
2006	0,80	0,17	0,54	0,26	0,41	0,74	0,73	0,21
2007	0,80	0,18	0,55	0,26	0,41	0,74	0,73	0,21
2008	0,79	0,16	0,54	0,26	0,41	0,74	0,73	0,22
2009	0,80	0,17	0,53	0,27	0,40	0,74	0,73	0,22
2010	0,80	0,15	0,53	0,27	0,40	0,74	0,73	0,22
2011	0,80	0,14	0,52	0,27	0,40	0,74	0,73	0,22
2012	0,80	0,13	0,51	0,27	0,40	0,74	0,73	0,23
2013	0,80	0,14	0,52	0,26	0,40	0,74	0,73	0,23
2014	0,81	0,15	0,54	0,27	0,40	0,74	0,74	0,23
2015	0,81	0,18	0,55	0,26	0,40	0,75	0,74	0,23
2016	0,81	0,20	0,55	0,26	0,40	0,75	0,74	0,23

Fuente: DANE (matrices de oferta y utilización); cálculos de los autores.

donde IT es el impuesto a las transacciones y ENE corresponde al excedente neto de explotación.

Por último, en el caso del trabajo:

$$\tau^L = \frac{SS + PFS}{TCL}$$

Con SS igual a los pagos a seguridad social de los trabajadores permanentes y temporales empleados, PFS es el pago de parafiscales (ICBF, cajas de compensación familiar, SENA, riesgos profesionales) y TCL es el total de costos laborales.

Cada uno de los valores de τ^Y , τ^K , τ^L se calculan por establecimiento, para luego agruparse por cada uno de los intervalos usados para calcular el tamaño de empresas según el número de empleados. Al final, el objetivo es identificar la potencial relación que existe entre la distorsión calculada y las productividades de los establecimientos que operan en esta economía, en lugar de solamente suponer si tal relación existe o no.

Cuadro A1.4
Participación del capital y el trabajo en la producción en Colombia

Año	Industria manufacturera			Comercio			Servicios		
	Capital	Trabajo	Total	Capital	Trabajo	Total	Capital	Trabajo	Total
2000	0,24	0,58	0,82	0,04	0,75	0,79	0,1	0,6	0,70
2001	0,24	0,57	0,81	0,04	0,75	0,79	0,1	0,6	0,69
2002	0,24	0,57	0,81	0,04	0,75	0,79	0,1	0,6	0,70
2003	0,25	0,56	0,81	0,04	0,75	0,79	0,1	0,6	0,69
2004	0,25	0,55	0,81	0,04	0,75	0,79	0,1	0,59	0,69
2005	0,25	0,55	0,80	0,04	0,74	0,78	0,1	0,59	0,69
2006	0,26	0,54	0,80	0,04	0,74	0,78	0,1	0,59	0,69
2007	0,25	0,55	0,80	0,04	0,74	0,79	0,1	0,59	0,69
2008	0,25	0,54	0,79	0,04	0,74	0,78	0,1	0,58	0,68
2009	0,25	0,53	0,79	0,05	0,74	0,79	0,07	0,59	0,66
2010	0,26	0,53	0,78	0,05	0,74	0,78	0,07	0,59	0,66
2011	0,26	0,52	0,78	0,05	0,74	0,78	0,07	0,58	0,66
2012	0,26	0,51	0,78	0,05	0,74	0,78	0,07	0,59	0,66
2013	0,26	0,52	0,78	0,05	0,74	0,78	0,08	0,58	0,66
2014	0,25	0,54	0,79	0,05	0,74	0,79	0,07	0,59	0,67
2015	0,25	0,55	0,80	0,05	0,75	0,79	0,08	0,6	0,67
2016	0,25	0,55	0,79	0,04	0,75	0,79	0,08	0,6	0,67
Promedio	0,25	0,54	0,80	0,04	0,74	0,79	0,09	0,59	0,68

Fuente: DANE (matrices de oferta y utilización); cálculos de los autores.

Cuadro A1.5
Parámetros calibrados

Parámetro	Notación	Sector	Valor	Fuente o variable objetivo
Participación del capital	α	Industria	0,26	Participación del capital en la producción
		Comercio	0,05	
		Servicios	0,07	
		Agregado	0,13	
Participación del trabajo	γ	Industria	0,53	Participación del trabajo en la producción
		Comercio	0,74	
		Servicios	0,59	
		Agregado	0,62	
Rango de valores de productividad	$\xi, \bar{\xi}$	Industria	[1, 6,53]	Tamaño relativo de establecimientos
		Comercio	[1, 7,14]	
		Servicios	[1, 22,14]	
		Agregado	[1, 9,68]	

Fuente: DANE (EAM, EAC y EAS, y matrices de oferta y utilización); cálculos de los autores.

Anexo 2

Sector agrícola

2.1 Descripción de los datos

De un total de 2.913.163 unidades productoras se excluyen 543.064 unidades productoras no agropecuarias y se limita el análisis a las unidades productoras agropecuarias (UPA). De las UPA, el CNA recoge información sobre usos y coberturas de la tierra, inventario y prácticas agrícolas, inventario pecuario, sustentabilidad de la actividad agropecuaria, actividad no agropecuaria y alguna sobre las personas y sus condiciones de vida. Para obtener detalles de la distribución del área de las UPA basta con esta información; sin embargo, para establecer una relación entre el área y el ingreso de la UPA fue necesario recurrir a información adicional, debido a que el CNA registra el volumen de la producción, pero no el valor o el precio que recibe el productor por unidad de su producción. Para aproximarnos al valor de la producción buscamos los precios más cercanos a los que recibe el productor y para esto contamos con varias fuentes que se describen más adelante.

2.1.1 Identificación de valores atípicos

Con el fin de evitar posibles sesgos en las estimaciones por la presencia de observaciones atípicas en la muestra se excluyen: 1) UPA con un área mayor a la media más tres desviaciones estándar del área del universo de UPA; 2) UPA cuyo predio es parte de un resguardo o asentamiento indígena, o de territorio ancestral raizal; 3) UPA ubicada en veredas nombradas con el título “RESGUARDO”; 4) UPA ubicada en terrenos clasificados como “excluido” o “condicionado” por el mapa de áreas protegidas de la UPRA; 5) UPA con un área menor a 100 metros cuadrados. Esta delimitación implica una muestra final de 1.840.998 UPA con un área media de 17,3 ha y un máximo de 11.146,7 ha (Cuadro A2.1)

2.1.2 Descripción de la medida de jornales anuales

La variable *jornales* es la suma de trabajadores permanentes jornalizados (*TPJ*) y los jornales adicionales (*JA*) en el año. Para crear (*TPJ*) suponemos que un trabajador permanente equivale a 6 jornales en una semana, 24 en el mes y 288 en el año.

Esto es, $Jornales_{2013} = TPJ + JA_{2013}$

siendo $TPJ_{2013} = P138 \times 6 \times 4 \times 12$ y $JA_{2013} = P140 \times 12$

donde, $P138 = \text{¿En total, cuántas personas trabajaron de manera permanente, para realizar las actividades agropecuarias, en los últimos 30 días?}$

$P140 = \text{¿Cuántos jornales adicionales contrató directamente, para realizar las actividades agropecuarias, durante los últimos 30 días?}$

Cuadro A2.1
Estadísticas descriptivas y delimitación de la muestra

Área (ha)	Observaciones	Media	DE	Mínimo	Máximo
En muestra completa	2.370.099	45,99	3.715,71	0,000	1.862.522,88
En muestra delimitada	1.840.998	17,322	152,67	0,01	11.146,72

Fuente: DANE (3.er CNA); cálculos de los autores.

2.1.3 Descripción del cálculo de los ingresos de la UPA

El ingreso agrícola se construyó a partir de los volúmenes de producción agrícola por UPA registrados en el módulo IV.A del CNA² y de los precios por kilogramo disponibles en diversas fuentes para cada producto. Un total de 958.530 UPA registran al menos 1 de 484 cultivos diferentes. De cada cultivo es posible conocer el área sembrada, la fecha de cosecha, la cantidad obtenida, la finalidad de la producción, entre otras características.

La información de producción se complementó con datos de precios para diferentes productos agrícolas en 2013, y se obtuvo de dos tipos de fuentes diferentes: 1) el Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario (Sipsa) del DANE³, y 2) las agremiaciones de productores y otras fuentes. En total se obtuvieron precios para 86 cultivos que representan 79,7% del área total sembrada en el país.

- 2 Se titula: cultivos transitorios (ciclo corto), cultivos permanentes (ciclo largo), plantaciones forestales y cultivos forrajeros.
- 3 El Sipsa es un servicio de información del DANE que busca ofrecer datos sobre las cotizaciones mayoristas de los principales productos agrícolas que componen la canasta de los alimentos. Los períodos de recolección varían con las características de los productos y se realiza en 61 mercados mayoristas, 9 municipios paneleros, 26 municipios con molinos de arroz activos (número variable), 4 sitios para granos y procesados y 7 frigoríficos.

La falta de precios de algunos cultivos causa una subestimación en el ingreso total de las UPA en la medida en que los cultivos omitidos representan una proporción pequeña del área sembrada y que las fincas con cultivos omitidos no sean sistemáticamente diferentes a las fincas con cultivos incluidos en el análisis. Se espera que este error de medición no resulte en sesgos importantes en los resultados.

Por otro lado, el Sipsa recoge precios en los mercados mayoristas del país, por lo que se espera que estos incluyan costos de transporte y márgenes de intermediación. Esto puede estar sobreestimando los ingresos reales de los productores. Para minimizar esta fuente de sesgo, para cada producto se tomó la media de los precios en todos los mercados mayoristas en 2013 reportados por el Sipsa.

Los cuadros A2.2 y A2.3 muestran los precios incluidos de cada fuente: 74 precios del Sipsa y 9 de otras fuentes. Las fuentes diferentes al Sipsa son:

- Fedecafé: precio diario interno base de compra del Fondo Nacional del Café por carga de 125 kilogramos de café pergamino seco.
- Procaña: precio mensual estimado por tonelada de caña basado en un contrato de 58 kilos.
- Fedearroz: precio por tonelada promedio mensual al productor de 2003 a 2017.
- Fedepalma: el precio semestral por litro de aceite de palma crudo.
- MADR (Agronet): precio de compra de cacao nacional por kilogramo que, a su vez, se compone a partir información de la industria nacional, Fedecacao y exportadores.
- Evaluaciones Agropecuarias Municipales del Departamento de Sucre: obtuvimos un estimado del precio pagado al productor por kilogramo para el tabaco y la batata.

Cuadro A2.2
Precios agrícolas obtenidos de fuentes diferentes al Sipsa

Código	Nombre del cultivo	Especificación	Precio/kg	Fuente
00149102001	Palma africana	Aceite crudo	562,50	Fedepalma
00180201001	Caña de azúcar	Azúcar	60,13	Procaña
00164001001	Cacao grano	Grano seco	4.393,75	Agronet
00196105087	Caucho hevea	Látex seco	2.661,00	CCC ^{a/}
16100100103	Café	Pergamino seco	3.729,65	Fedecafé
00192101001	Algodón	Algodón semilla	5.045,00	FFA ^{b/}
00113202001	Arroz verde	Grano seco	898,37	Fedearroz
00193002065	Tabaco	Hoja seca	4.411,00	Gob. de Sucre ^{c/}
00159101001	Batata	Tubérculo fresco	1.000,00	Gob. de Sucre ^{c/}

a/ Confederación Cauchera Colombiana.

b/ Fondo de Fomento Algodonero.

c/ EVA departamento de Sucre.

Factores de conversión

En el caso de la producción de azúcar, aceite crudo de palma y semilla de algodón, aplicamos los factores de conversión del Cuadro A2.4 para aproximarnos al ingreso del productor, debido a que estos productos tienen un proceso que usualmente no realiza el productor agrícola. Así, convertimos la producción de azúcar en su equivalente en caña porque contamos con el precio de la caña; el ingreso por producción de aceite crudo de palma en ingreso por producción de racimo de palma porque contamos con el precio por litro de aceite crudo de palma, y el algodón semilla en fibra de algodón porque contamos con el precio de la fibra del algodón.

2.1.4 Grupos de cultivos

En el análisis de rendimientos según tipo se incluyeron los siguientes cultivos:

- Cereales: alpiste, amaranto, arroz verde, avena, cebada, centeno, maíz amarillo, maíz blanco, mijo, quinua, sorgo, trigo en grano.
- Hortalizas: acelga, ahuyama, ajíes y pimientos, ajos, alcachofa, apio, arveja verde, asaí o palmito, berenjenas, berro, brócoli, calabazas y calabacines, cebolla cabezona, cebolla larga, cebolla puerro, champiñón, cilantro, cilantro cimarrón, col, coliflor, culantro, cuya, espárrago, espinaca, estragón, frijón, garbanzo verde, guatila, lechuga, haba verde, habichuela, lenteja, maravilla, melón, okra, pepino, perejil, pimentón, rábano, remolacha, repollitas de bruselas, repollo, sandía o patilla, sidra, tomate, zanahoria, zapallo.
- Tubérculos: achiras, arracacha, barbacoano, batata, bore, cubios, ibias, mafafa, malanga, mapuey, ñame, papa china, papas criollas, papas, plátano, sagú, ruba o ulluko, yuca.
- Café.
- Caña de azúcar.
- Palma africana.

Cuadro A2.3
Listado de precios obtenidos del Sipsa

Código	Nombre del cultivo	Especificación	Precio/kg
00112201001	Maíz blanco	Grano seco	1.117,7
00112201002	Maíz amarillo	Grano seco	1.156,2
00117201001	Avena	Grano seco	5.707,3
00121201001	Repollo	Col fresca	503,6
00121201002	Col	Col fresca	1.233,1
00121301001	Coliflor	Coliflor fresco	1.799,4
00121302001	Brócoli	Brócoli fresco	1.998,1
00121401001	Lechuga	Lechuga fresca	1.548,5
00121501001	Espinaca	Espinaca fresca	2.023,9
00121901001	Habichuela	Vaina fresca	1.707,9
00121903001	Cilantro	Cilantro fresco	2.280,1
00121904001	Acelga	Ramas frescas	1.214,1
00122101001	Sandía o patilla	Fruta fresca	677,5
00122901001	Melón	Fruta fresca	1.553,8
00123101001	Ajís y pimientos	Hortaliza fresca	2.268,4
00123102001	Pimentón	Pimentón fresco	1.629,7
00123201001	Pepino	Pepino fresco	965,5
00123301001	Berenjenas	Berenjena fresca	1.191,4
00123401001	Tomate	Tomate fresco	1.490,3
00123501001	Calabazas y calabacines	Hortaliza fresca	711,1
00123502001	Ahuyama	Hortaliza fresca	621,3
00124201001	Arveja verde	Vaina fresca	1.802,2
00124901001	Garbanzo verde	Vaina fresca	3.308,7
00124902001	Lenteja	Vaina fresca	1.726,5
00124903000	Haba verde	Vaina fresca	876,0
00125101001	Zanahoria	Zanahoria fresca	779,7
00125201001	Ajos	Hortaliza fresca	4.203,1
00125301001	Cebolla cabezona	Cebolla fresca	958,2
00125402001	Cebolla larga	Cebolla fresca	800,5
00125901001	Remolacha	Remolacha fresca	868,0
00125902001	Rábano	Rábano fresco	2.274,3
00129004001	Perejil	Hortaliza fresca	2.745,4
00129006001	Apio	Hortaliza fresca	977,7
00131101001	Aguacate	Fruta fresca	2.484,4
00131201001	Banano	Fruta fresca	663,1
00131301001	Plátano	Fruta fresca	780,8
00131501001	Higo	Fruta fresca	3.078,7
00131601001	Mango	Fruta fresca	1.242,9
00131701001	Papaya	Fruta fresca	1.065,4
00131801001	Piña	Fruta fresca	1.396,7
00131902001	Guanábana	Fruta fresca	2.548,5

Cuadro A2.3 (continuación)
Listado de precios obtenidos del Sipsa

Código	Nombre del cultivo	Especificación	Precio/kg
00131903001	Curuba	Fruta fresca	1.048,3
00131904001	Lulo	Fruta fresca	2.183,7
00131905001	Maracuyá	Fruta fresca	1.813,3
00131906001	Borojó	Fruta fresca	3.590,1
00131907001	Feijoa	Fruta fresca	3.726,5
00131908001	Badea o timbo	Fruta fresca	1.120,4
00131910001	Tomate de árbol	Fruta fresca	1.456,5
00131911001	Pitahaya	Fruta fresca	6.013,1
00131912001	Uchuva	Fruta fresca	2.449,4
00131916001	Zapote o chupachupa	Fruta fresca	1.537,2
00131917001	Granadilla	Fruta fresca	2.771,3
00131918001	Gulupa	Fruta fresca	1.669,6
00131925001	Brevo	Fruta fresca	3.115,6
00131999024	Uva caimaroná o cocura	Fruta fresca	3.166,1
00132201001	Limón	Fruta fresca	1.047,4
00132301002	Naranja	Fruta fresca	877,7
00132401001	Mandarina	Fruta fresca	1.174,5
00132901001	Cidra o poncil	Fruta fresca	484,5
00134301001	Mora andina	Fruta fresca	2.136,0
00134401001	Fresa	Fruta fresca	3.773,1
00135101001	Manzana	Fruta fresca	2.137,2
00135201001	Pera	Fruta fresca	1.336,7
00135501001	Durazno	Fruta fresca	2.838,7
00135601001	Ciruela	Fruta fresca	4.139,5
00146001001	Coco	Fruta fresca	1.694,3
00151001001	Papas	Tubérculo fresco	518,5
00151002002	Papas criollas	Tubérculo fresco	1.099,5
00159201001	Yuca	Tubérculo fresco	784,9
00159301001	Ñame	Tubérculo fresco	1.244,6
00159901001	Arracacha	Tubérculo fresco	1.024,3
00159903001	Ruba o ulluko	Tubérculo fresco	996,1
00180201002	Caña panelera	Panela	1.756,7
00191999056	Frijol	Fríjol fresco	3.143,8

Fuente: DANE (Sipsa); cálculos de los autores.

Cuadro A2.4
Factores de conversión cultivo a subproducto

Producto en CNA	Producto objetivo	FC
Azúcar	Caña azucarera	1/0,115
Aceite crudo	Racimo de palma africana	1/0,187
Semilla de algodón	Fibra de algodón	0,664

Fuente: DANE y Fedna (2018).

Rendimientos potenciales

Se utilizan las estimaciones de potencial productivo de FAO-GAEZ versión 3.0⁴ para aproximar las diferencias en productividad agregada del sector agrícola en los Estados Unidos y Colombia. Utilizamos las variables de capacidad de producción total que resultan del módulo V de los cálculos de GAEZ. Este módulo combina información sobre la composición de los suelos, la temperatura, el nivel de lluvias, la elevación y la pendiente del terreno para estimar el potencial productivo mundial con una resolución de 5 arcmín. Para este ejercicio se toman los valores de potencial productivo estimados para un nivel de insumos bajo y agricultura de secano. Se incluyen los 48 cultivos para los que la FAO presenta información con estos parámetros (Cuadro A2.5). Se calculan promedios ponderados de productividad en cada país de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\bar{Y}_r = \sum_{g \in G_r} y_{gr}^c \frac{a_{gr}^c}{\sum_{g \in G_r} a_{gr}^c}$$

donde c representa el cultivo; $r = \{Col, EUA\}$ el país, y G_r el conjunto de celdas que forman parte del país r en el cultivo c . El Cuadro A2.5 presenta los resultados del potencial productivo (t/ha) promedio para los Estados Unidos y Colombia en cada uno de los 48 cultivos para los que se tiene información.

Se calcula el valor del potencial productivo en agricultura de los dos países (κ), tomando como referencia los precios internacionales de los productos. La siguiente ecuación describe este cálculo:

$$\bar{Y}_r = \sum_c \sum_{g \in G_r} p^c y_{gr}^c \frac{a_{gr}^c}{\sum_{g \in G_r} a_{gr}^c}$$

Donde p^c representa el precio internacional del cultivo c . Este se calcula a partir de información de la FAO⁵.

Los resultados de este ejercicio se presentan en el Cuadro A2.6⁶.

Para calcular los valores de potencial productivo por finca se utilizan las coordenadas de las UPA del CNA y se calcula un valor para cada finca i , siguiendo la ecuación:

$$q_i = \sum_c \sum_{g \in G_i} p^c y_{gi}^c$$

Donde G_i representa todos los pixeles sobre la UPA i .

4 FAO-Iiasa (2011). "Global Agro-ecological Zones (GAEZ v3.0)", FAO Roma (Italia) e Iiasa, Luxemburgo (Austria).

5 Se excluyen los siguientes cultivos para los que no se tiene información de precios: alfalfa, cereales, linaza, frijol mungo, jatropha, pasto, frijol, guisante seco, caña de azúcar, hierba cinta, colza, arroz.

6 Los valores están medidos en dólares internacionales.

2.2 Cálculos complementarios para el análisis de eficiencia

2.2.1 Diferencias en el uso de insumos intermedios

Se toma la función de producción $y_i = (s_i n_i)^{1-\theta_l - \theta_k} (q_i l_i)^{\theta_l} k_i^{\theta_k} x_i^{\theta_x}$; donde i representa la UPA; n el trabajo; l la tierra; q factores geográficos y climáticos que determinan el potencial productivo de cada finca (véase el Anexo 2.5); k el capital; s la medida de productividad, y x_i el uso de insumos intermedios. Se encuentran los valores de x_i para cada finca asumiendo que un valor de $s_i = 1$ para todo i y unos parámetros $\theta_l = 0,36$, $\theta_k = 0,18$ y $\theta_x = 0,07$ tomados de Adamopoulos *et al.* (2017), Restuccia y Santaaulalia-Llopis (2015) y Fuglie (2010).

El Gráfico A2.1 presenta la distribución de los valores calculados de x_i . Los resultados siguen una diferencia 30 puntos logarítmicos entre el percentil 75 y el 25 del logaritmo del valor calculado de insumos.

2.2.2 Imputación del valor de capital

Se construyó una medida de valor del capital en cada finca, la cual combina la información disponible en el censo sobre la cantidad y tipo de maquinaria en la UPA, con información de precios de la maquinaria proveniente de catálogos de empresas distribuidoras y estadísticas recopiladas por la FAO, entre otros. En total, se encontró información de precios para el 76% de las máquinas de uso agrícola que se reportan en el censo. Esto permite construir una medida de valoración del capital para el 98% de las UPA que reportan algún tipo de maquinaria.

Por otro lado, cerca del 70% de las UPA con producción agrícola no reporta maquinaria. El Cuadro A2.7 compara algunas características de las UPA para las cuales se cuenta con una valoración del capital y las UPA sin esta información, ya sea porque no fue posible identificar sus precios o porque no reportan el uso de maquinaria.

Las UPA con capital son en promedio más grandes, tienen más trabajadores, reciben mayor ingreso por su actividad agrícola y tienen mayores ingresos por hectárea y por trabajador. Estas UPA también tienen una actividad productiva más diversa ya que, en promedio, tienen una menor proporción del área cultivada destinada a un solo cultivo y reportan más actividad pecuaria respecto a UPA que no tienen valoración de su capital.

En este apéndice exploramos si los resultados que se presentan en la sección 2.2 del documento se ven afectados por el hecho de incluir una muestra seleccionada de fincas que se encuentra en una mejor situación productiva. Para esto, estimamos con mínimos cuadrados ordinarios la relación entre el valor del capital y algunas características de la UPA, y utilizamos los resultados de esta estimación para imputar un valor de capital a las UPA que no reportan esta información.

Cuadro A2.5
Potencial productivo ponderado (t/ha)

Cultivo	Colombia	EE. UU.	Cultivo	Colombia	EE. UU.
Alfalfa	373,13	147,40	Oliva	0,00	41,20
Banano o plátano	963,87	33,59	Cebolla	296,36	1.226,50
Trigo sarraceno	0,00	264,91	Guisante seco	2,04	285,50
Cebada	13,03	730,69	Frijol	84,92	261,88
Repollo	15,31	742,33	Guandul	188,32	94,25
Zanahoria	232,55	1.276,46	Mijo perla	19,25	0,58
Cereales	128,38	155,48	Arroz secano	490,22	2,42
Garbanzo	0,50	340,52	Hierba cinta	0,00	151,62
Cítricos	132,67	127,62	Arroz	585,23	143,90
Cacao	164,67	0,44	Colza	7,02	335,58
Café	193,06	0,91	Centeno	0,00	509,40
Coco	535,49	0,09	Girasol	16,48	493,24
Algodón	19,85	38,43	Soya	108,08	314,87
Frijol caupí	132,79	77,00	Batata	858,31	230,68
Yuca	1.006,66	32,16	Sorgo	82,73	716,65
Linaza	0,00	133,12	Remolacha	0,00	697,21
Mijo	2,56	551,34	Caña de azúcar	945,65	84,61
Maní	63,78	114,38	Pasto varilla	0,00	227,71
Frijol mungo	104,45	71,37	Té	46,32	25,52
Jatropha	149,70	36,98	Tabaco	21,64	138,32
Pasto	306,81	154,81	Tomate	200,38	844,51
Maíz	596,99	936,03	Trigo	15,50	792,48
Avena	0,00	413,76	Papa blanca	26,46	766,77
Palma de aceite	677,73	0,11	Ñame	864,97	87,23

Fuente: FAO (GAEZ v3.0: zonas agroecológicas mundiales); cálculos de los autores.

Cuadro A2.6
Valor del potencial productivo en agricultura en Colombia y los Estados Unidos

País	Valor del potencial
Colombia	2.305,37
Estados Unidos	2.857,52
	1,24

Fuente: FAO (GAEZ v3.0: zonas agroecológicas mundiales); elaboración de los autores.

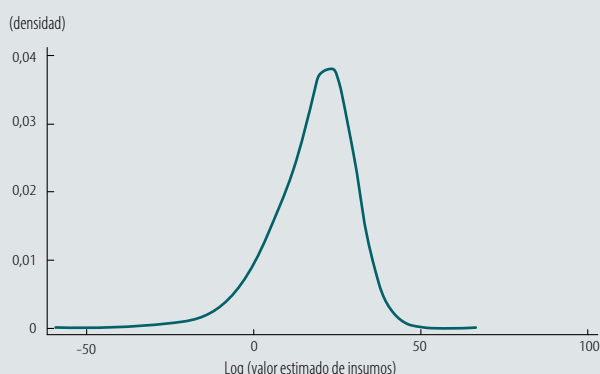
En particular, se estima la ecuación:

$$\log(VK_i^{agro}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Cultivo}_i + \beta_2 \log(\text{área}_i) + \beta_3 X_i + u_i \quad (2)$$

Donde:

- $\log(VK_i^{agro})$ es el logaritmo de la valoración del capital agrícola para cada UPA = i .
- Cultivo_i es una matriz de 1×433 donde cada columna hace referencia a la presencia de cada cultivo entre los 433 que se observan en el censo.
- $\log(\text{área})$ es el logaritmo del área en hectáreas de la UPA.
- X_i es una matriz de otras características de la UPA: número de jornales, indicadores de actividad pecuaria, indicadores

Gráfico A2.1
Distribución del uso de insumos estimado para igualar productividad entre fincas



Nota: véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre la muestra.
Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

de departamento de ubicación, peso del cultivo principal en el área cultivada de la UPA, pendiente y elevación del terreno.

La estimación de la ecuación (2) por mínimos cuadrados ordinarios tiene un ajuste relativamente bueno, con un R^2 de 0,19. El Gráfico A2.2 compara la distribución del logaritmo del capital observado con el capital predicho. El Cuadro A2.8 muestra los primeros momentos de la distribución de la variable observada y la predicha. La media del valor de capital

predicho es tan solo el 15% del original, y la varianza es del 2%; esto se debe a la existencia de pocas UPA con valores del capital muy elevados, lo que la estimación por mínimos cuadrados ordinarios no logra predecir. Por último, el modelo predice un valor medio de capital aún menor para toda la muestra, consistente con la sospecha de que las UPA que no registran capital están en peor posición económica respecto de las que sí.

Se utiliza la metodología propuesta en la sección 2.2 para estimar una medida de productividad para toda la muestra de fincas, descontando el uso de tierra, trabajo y capital. En este cálculo se imputa la medida de capital predicho a las fincas que no cuentan con información de capital. El Gráfico A2.3 muestra la distribución de la variable de productividad que resulta de este ejercicio; también, la distribución que se obtiene cuando se incluye en el análisis solamente la muestra de fincas que reporta capital. Al comparar estas dos distribuciones, se observa una mayor proporción de fincas con valores bajos de productividad en la muestra con imputación. Esta evidencia es consistente con lo que se observa en el Cuadro A2.7 en relación con el tamaño, el ingreso y el uso de otros factores de producción, entre las dos muestras de fincas.

El Gráfico A2.4 reproduce el ejercicio que se presenta en la sección 2.2 (p.19), incluyendo toda la muestra de UPA con producción agrícola y utilizando como medida de capital la variable de capital imputado. Pese a las diferencias en los niveles de productividad estimada al considerar toda la muestra, la relación entre esta variable y los ingresos por hectárea y por trabajador es similar a la que se observa solo con las UPA que reportan capital.

Cuadro A2.7
Test de diferencias de UPA con y sin valoración del capital

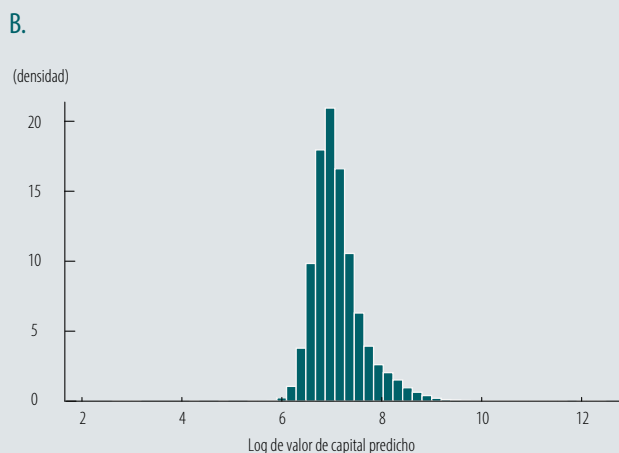
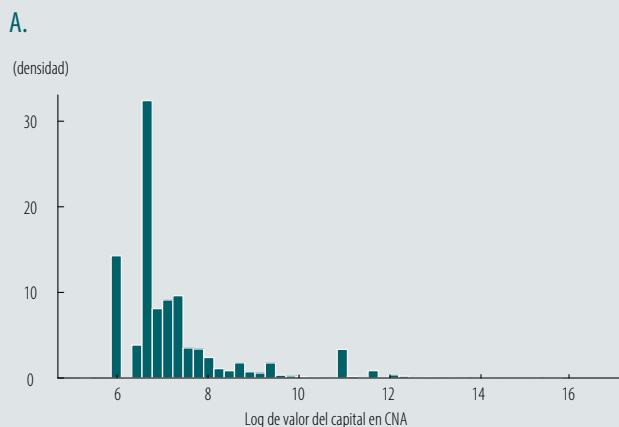
Variables	Media ^{a/}		Diferencia
	K = sí	K = no	
Área (ha)	61,18	11,07	-50,11***
Número jornales anual	1.134,17	674,34	-459,83***
Ingreso agrícola anual (1.000 pesos)	69.420,31	27.155,99	-42.264,32***
Ingreso agrícola por ha (1.000 pesos)	6.318,30	6.026,79	-291,51***
Ingreso agrícola por trabajador permanente (1.000 pesos)	32.981,10	15.805,87	-17.175,23***
Proporción del área cultivada en cultivo principal	0,67	0,72	0,05***
Tiene bovinos (1/0)	0,44	0,2	-0,25***
Tiene cerdos (1/0)	0,07	0,02	-0,05***
Tiene pollos (1/0)	0,01	0	-0,01***
Hace pesca (1/0)	0,05	0,02	-0,03***
Observaciones	129.776	492.850	

Nota: ***p-valor<0,01.

a/ K indica si tiene valoración de capital.

Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

Gráfico A2.2
Distribución de logaritmo del valor del capital



Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

2.3 Análisis según el tipo de cultivo

Para el análisis que se presenta a continuación se clasificaron las UPA por el tipo de cultivo que producen. En particular, se tomaron las unidades con más del 80% del área sembrada en: cereales, hortalizas, tubérculos, café, palma africana y caña de azúcar⁷. El Gráfico A2.5 explora posibles ineficiencias en la asignación de la tierra según el tipo de cultivo. En el caso de las hortalizas y los tubérculos no se encuentra una relación positiva entre el tamaño de las explotaciones y la productividad estimada; mientras que

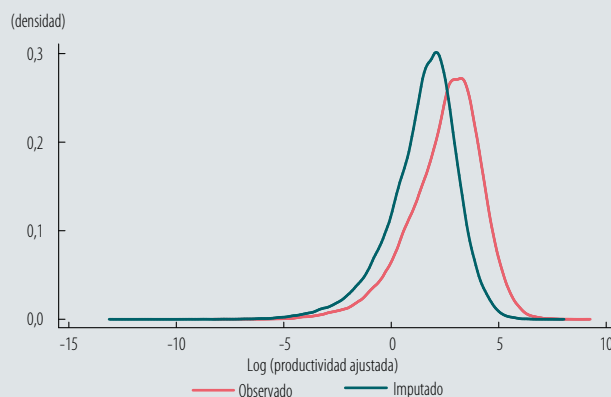
7 Para realizar el análisis por tipo de cultivo se tomaron solamente las unidades productoras con más del 80% del área sembrada en alguna de las categorías. Es necesario imponer esta restricción, ya que la información de capital y trabajo está por UPA y no por cultivo. Así que solo en las UPA con la mayor parte de la tierra en determinado tipo de cultivos es factible suponer que la mayor parte de los insumos de tierra y trabajo se utilizan también para la producción de dicho cultivo. En el Anexo 2.1.4 se describen los cultivos incluidos en cada categoría.

Cuadro A2.8
Estadísticas descriptivas del valor del capital original y predicho

Valor del capital (1.000 pesos)	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Original en muestra de estimación	138.806	9.240	94.765	180	18.130.000
Predicho en muestra de estimación	138.806	1.470	1.935	13	264.287
Predicho en toda la muestra	679.617	1.269	1.295	12	264.287

Fuente: DANE (3^{er} CNA, 2014) y precios comerciales de maquinaria agrícola; cálculos de los autores.

Gráfico A2.3
Distribución de la productividad agrícola descontando el uso de tierra trabajo y capital



Fuente: Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

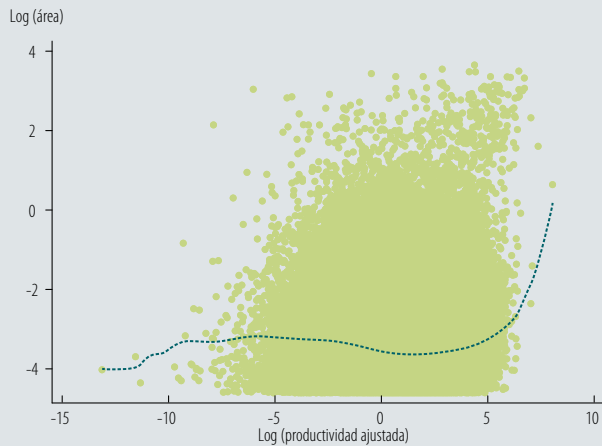
las fincas con mayor productividad presentan mayores rendimientos promedio por hectárea. Esta evidencia es consistente con la que presentó toda la muestra de cultivos, y sugiere la existencia de ineficiencias en la asignación de tierra en las fincas que producen estos cultivos.

En contraste, en el caso de la caña de azúcar, el café, la palma africana y los cereales, se observa una correlación positiva entre la productividad estimada y el tamaño de las fincas, y una relación menos fuerte entre rendimientos por hectárea y productividad. Esto es evidente, sobre todo en los niveles más altos de productividad estimada. Es decir, pese a que las fincas más productivas son las que tienen más tierra, se ob-

Gráfico A2.4

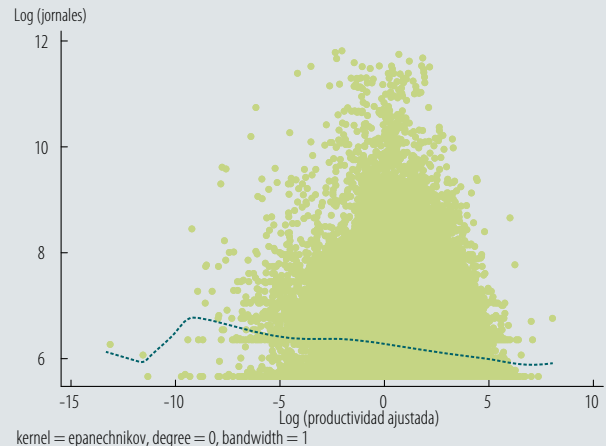
Relación entre la productividad estimada y el uso de tierra y trabajo, muestra con imputación del valor del capital

A.



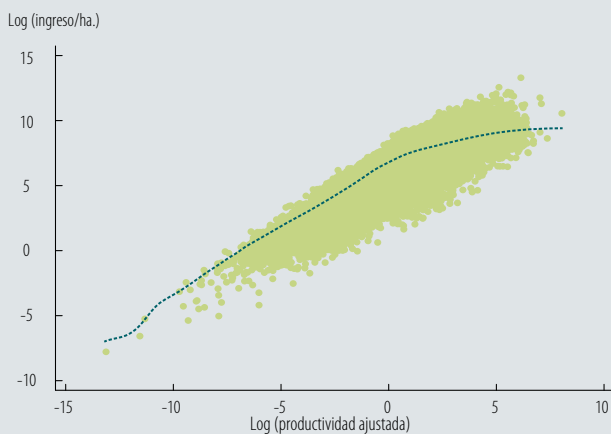
kernel = epanechnikov, degree = 0, bandwidth = 1

B.



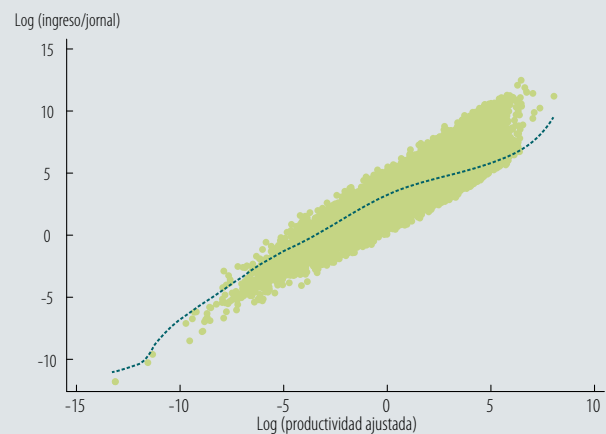
kernel = epanechnikov, degree = 0, bandwidth = 1

C.



kernel = epanechnikov, degree = 0, bandwidth = 1

D.



kernel = epanechnikov, degree = 0, bandwidth = 1

Nota: la medida ingreso se refiere al valor bruto de la producción anual de la UPA (miles de pesos). En los paneles A y C el área se calcula como el área total de la UPA menos el área destinada a la producción pecuaria y el área en otros usos no agrícolas. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre las variables y la muestra.

Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

servan fincas de baja productividad con extensiones de tierra que son presumiblemente mayores a las que deberían tener en una asignación eficiente.

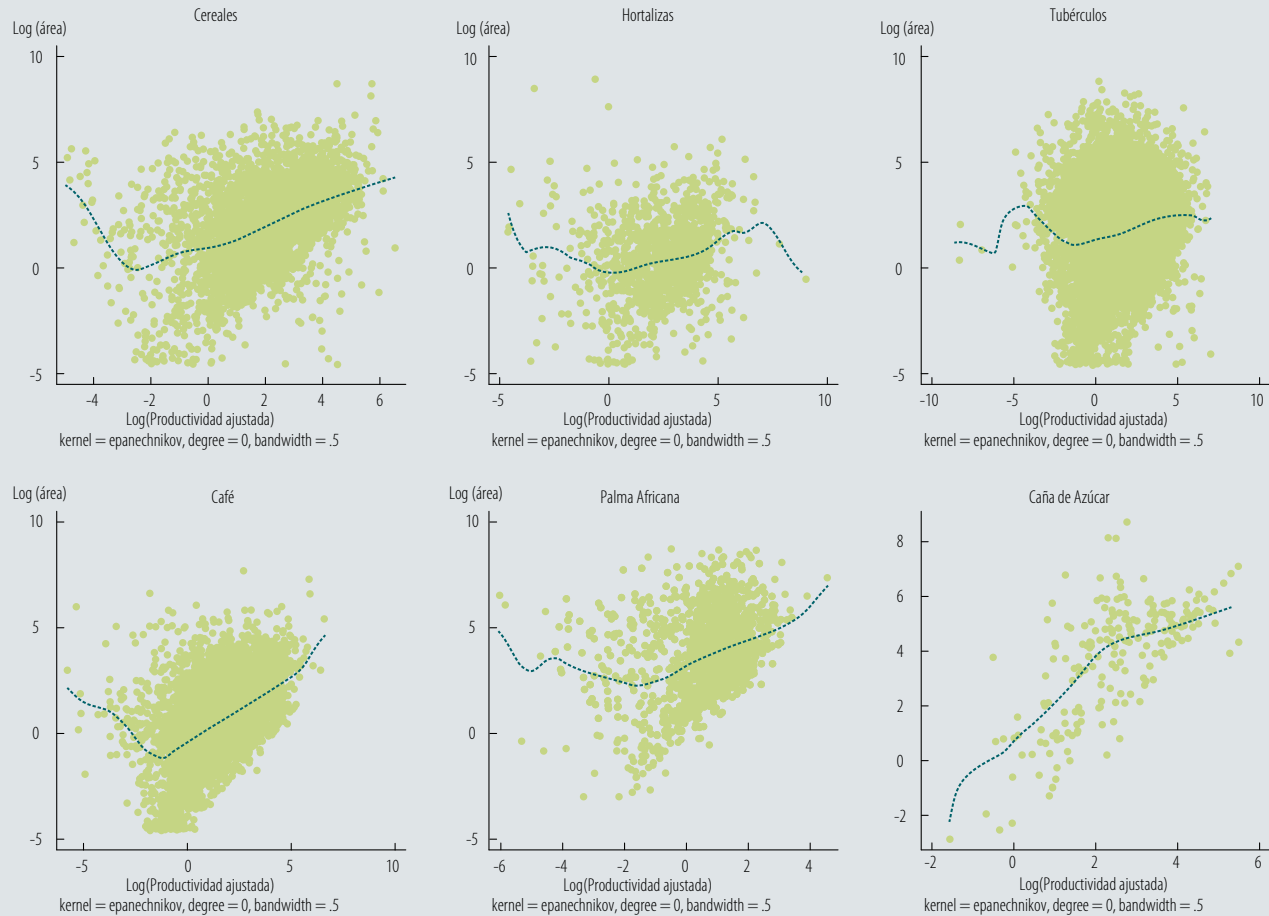
El Gráfico A2.6 explora la relación entre productividad y las asignaciones de trabajo entre fincas. En todos los grupos de cultivos se observa una relación positiva entre el producto medio por jornal y la productividad estimada de las fincas, y no se observa que las fincas más productivas sean las que emplean más mano de obra. Esto puede reflejar la existencia de asimetrías de información en el mercado agrícola que resultan en unos mayores costos laborales relativos en las fincas que dependen en mayor medida del empleo no familiar.

En resumen, se observa evidencia de una mayor eficiencia en la asignación de la tierra en fincas productoras de bienes agroindustriales. Una mayor disponibilidad de tecnologías, una aptitud para la producción en zonas donde es posible mecanizar y mercados que operan con menores distorsiones pueden explicar estos resultados. Es importante tener en cuenta que este análisis se realiza para la muestra seleccionada de UPA con monocultivo. Estas pueden ser sistemáticamente diferentes de las UPA con producción diversificada.

Gráfico A2.5

Relación entre productividad estimada y el uso de la tierra de las fincas según cultivo (continúa, página siguiente)

A. Relación entre productividad estimada y área de uso agrícola



2.4 Modelo de Adamopoulos y Restuccia (2014)

2.4.1 Ecuaciones principales del modelo

El modelo consiste en una economía con dos sectores que en cada período producen un bien agrícola (a) y uno no agrícola (n).

La firma representativa del sector no agrícola usa trabajo (N) y capital (K) para producir bienes con tecnología de retornos constantes a escala:

$$Y_n = AK_n^\alpha N_n^{1-\alpha}$$

Donde Y_n es la producción total de bienes no agrícolas; K_n y N_n son la cantidad de capital y trabajo total usados en la producción, respectivamente; A es la productividad de toda la economía, y α indica la importancia relativa del capital en la producción.

La firma define su nivel de producción y su demanda de insumos resolviendo el problema de maximización:

$$\max_{K_n, N_n} \{AK_n^\alpha N_n^{1-\alpha} - rK_n - wN_n\}$$

Donde r y w son el precio del capital y el trabajo, respectivamente. El precio del bien no agrícola se supone 1.

En el sector agrícola, la unidad equivalente a la firma es la finca. Esta requiere un administrador con habilidades tipo (s), tierra (l) y capital (k) para producir bienes agrícolas con una tecnología de rendimientos decrecientes a escala:

$$y_a = A\kappa[\theta k^\rho + (1-\theta)(sl)^\rho]^{\frac{1}{\rho}}$$

Donde y_a es el producto de la finca; l y k son la cantidad de tierra y capital, en su orden; s es la productividad propia del agricultor; κ es la productividad del sector agrícola; θ es la importancia relativa del capital respecto a la tierra en la producción; ρ es la elasticidad de sustitución entre el capital y la tierra, y $\rho \in (0,1)$ define el retorno a escala de las fincas.

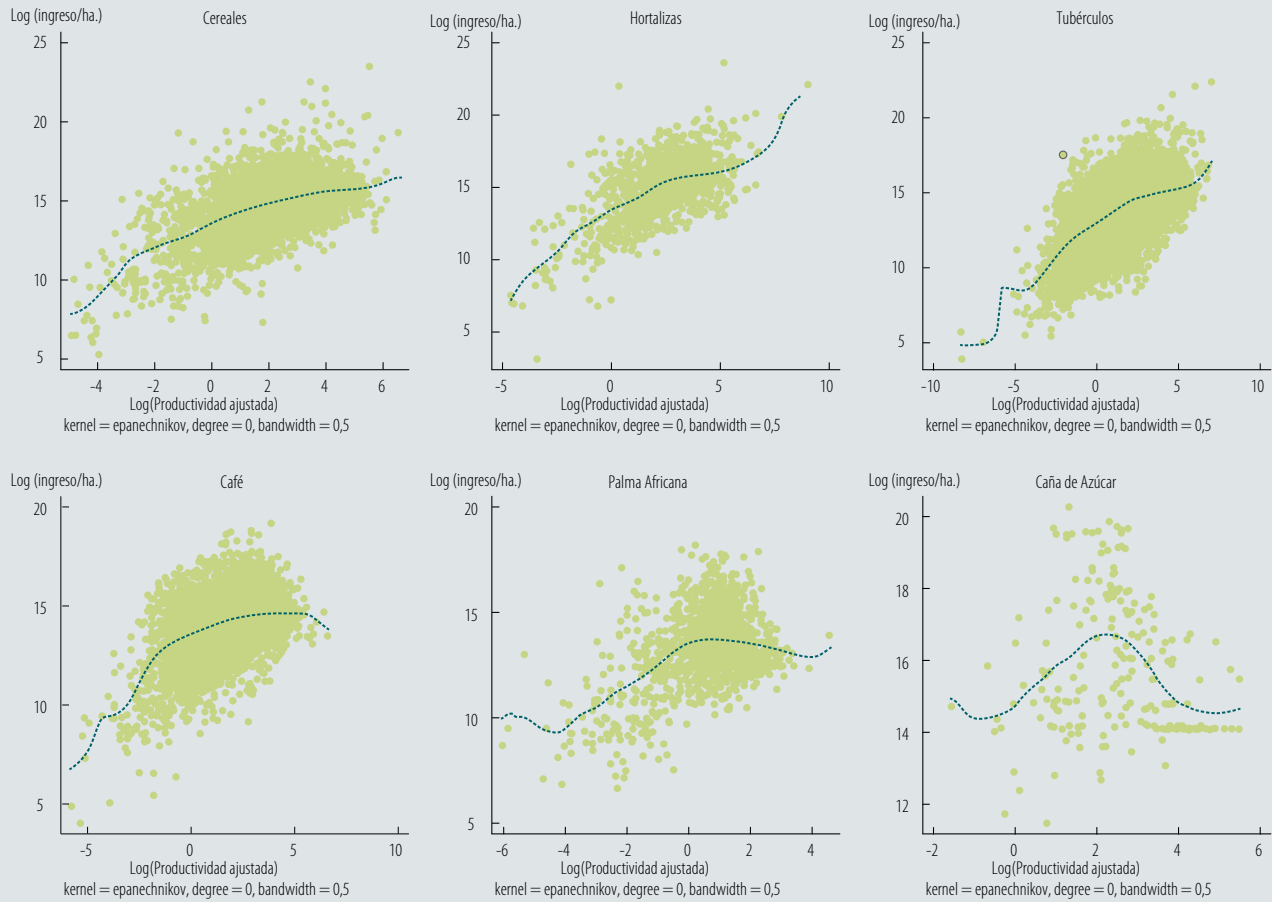
Así, el problema de maximización de beneficios de la finca está dado por

$$\max_{l,k} \pi(s) = p_a A\kappa[\theta k^\rho + (1-\theta)(sl)^\rho]^{\frac{1}{\rho}} - ql - rk,$$

Gráfico A2.5 (continuación)

Relación entre productividad estimada y el uso de la tierra de las fincas según cultivo

B. Relación entre productividad estimada y valor de la producción por hectárea de uso agrícola



Nota: la muestra incluye UPA con más del 80% del área sembrada en alguno de los cultivos considerados en cada gráfico. La medida ingreso se refiere al valor bruto de la producción anual de la UPA (miles de pesos). El área se calcula como el área total de la UPA menos el área destinada a la producción pecuaria y el área en otros usos no agrícolas. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre las variables y la muestra.

Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

Donde p_a , q y r son el precio relativo del bien agrícola, el precio de alquiler de la tierra y el de alquiler del capital. La solución a este problema satisface las condiciones de primer orden que para el capital y la tierra son:

$$r = \frac{\theta \gamma \gamma_a}{\left[\theta \left(\frac{k}{l} \right)^\rho + (1-\theta) s^\rho \right] l \rho} k^{\rho-1}$$

$$q = \frac{(1-\theta) \gamma \gamma_a}{\left[\theta \left(\frac{k}{l} \right)^\rho + (1-\theta) s^\rho \right] l \rho} s^{\rho} l^{\rho-1}$$

En el óptimo, la razón tierra a capital satisface:

$$\frac{l}{k} = \left[\frac{(1-\theta) r s^\rho}{q \theta} \right]^{\frac{1}{1-\rho}}$$

De lo anterior se deduce que los productores eligen demandar tierra y capital de acuerdo con:

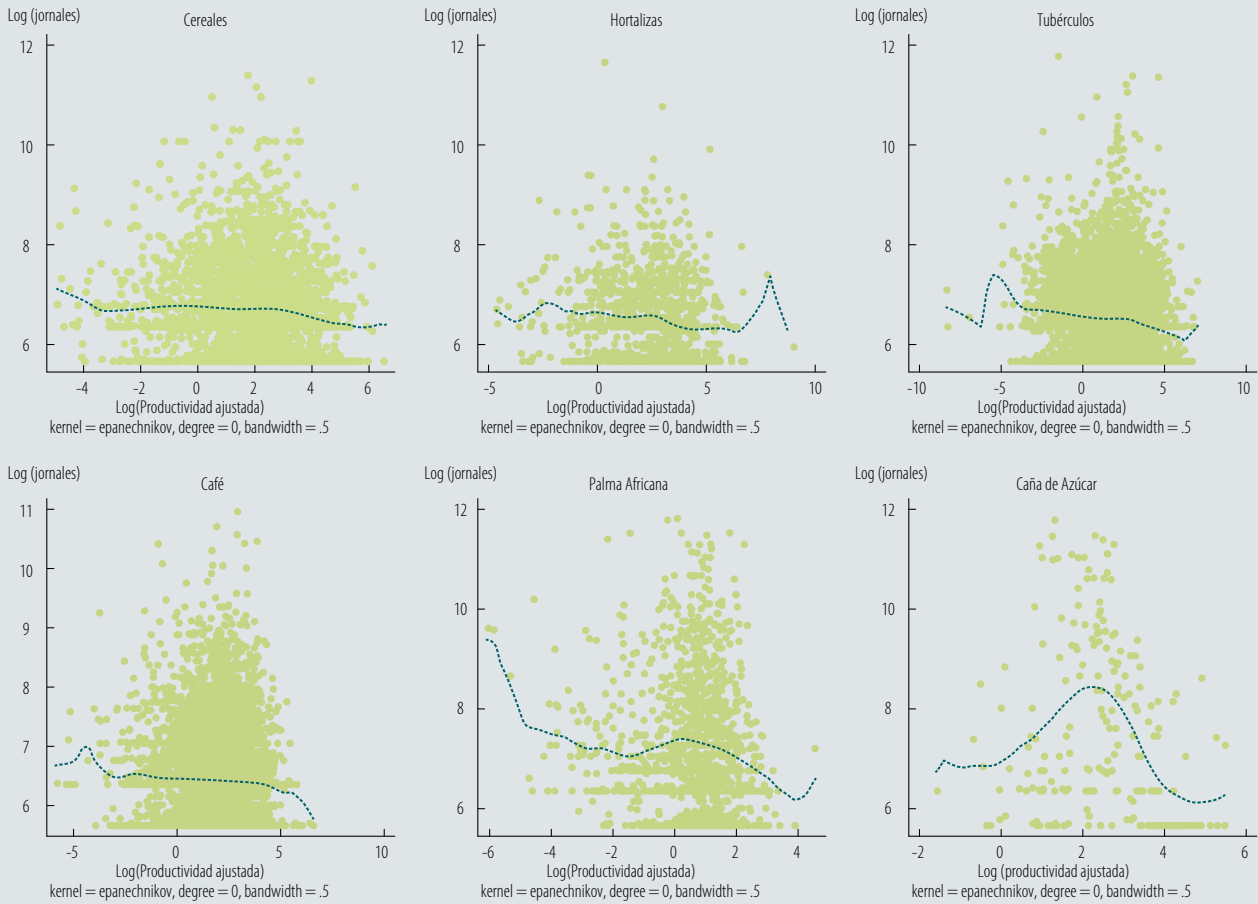
$$l(s) = \left[\frac{\gamma(1-\theta) A \kappa p_a}{q} \right]^{\frac{1}{1-\gamma}} \left[\theta \left(\frac{\theta q}{(1-\theta)r} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} + (1-\theta) s^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{\gamma-\rho}{\rho(1-\gamma)}} s^{\frac{\rho}{1-\rho}}$$

$$k(s) = \left[\frac{\theta}{1-\theta} \frac{q}{r} \right]^{\frac{1}{1-\rho}} \left[\gamma(1-\theta) A \kappa \frac{p_a}{q} \right]^{\frac{1}{1-\gamma}} \left[\theta \left(\frac{\theta q}{(1-\theta)r} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} + (1-\theta) s^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{\gamma-\rho}{\rho(1-\gamma)}}$$

Gráfico A2.6

Relación entre productividad estimada y la asignación de trabajo de las fincas según cultivo (continúa, página siguiente)

A. Relación entre productividad estimada y cantidad de jornales



De igual manera, la producción y los beneficios óptimos de la finca están dados por:

$$y_a(s) = (A\kappa)^{\frac{1}{1-\gamma}} \left[\gamma(1-\theta) \frac{p_a}{q} \right]^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \left[\theta \left(\frac{\theta}{(1-\theta)r} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} + (1-\theta)s^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{\gamma(1-\rho)}{\rho(1-\gamma)}},$$

$$\pi(s) = (1-\gamma) p_a y_a(s)$$

En esta economía los hogares tienen preferencias definidas sobre los dos bienes mediante su función de utilidad:

$$\phi \log(c_a - \bar{a}) + (1-\phi) \log(c_n)$$

donde $\bar{a} > 0$ es una restricción de subsistencia para el consumo agrícola c_a y ϕ es la importancia relativa del consumo agrícola sobre las preferencias. El hogar es un continuo de personas de masa 1.

Dado esto, el hogar elige una canasta de consumo (c_a, c_n) y asigna su trabajo de tal manera que maximice su utilidad sujeta a su restricción de presupuesto; esto es:

$$\max_{c_a, c_n} \phi \log(c_a - \bar{a}) + (1-\phi) \log(c_n)$$

Sujeto a:

$$p_a c_a + c_n = (1 - N_a)w + N_a \int_s \pi(s) dF(s) + qL + rK$$

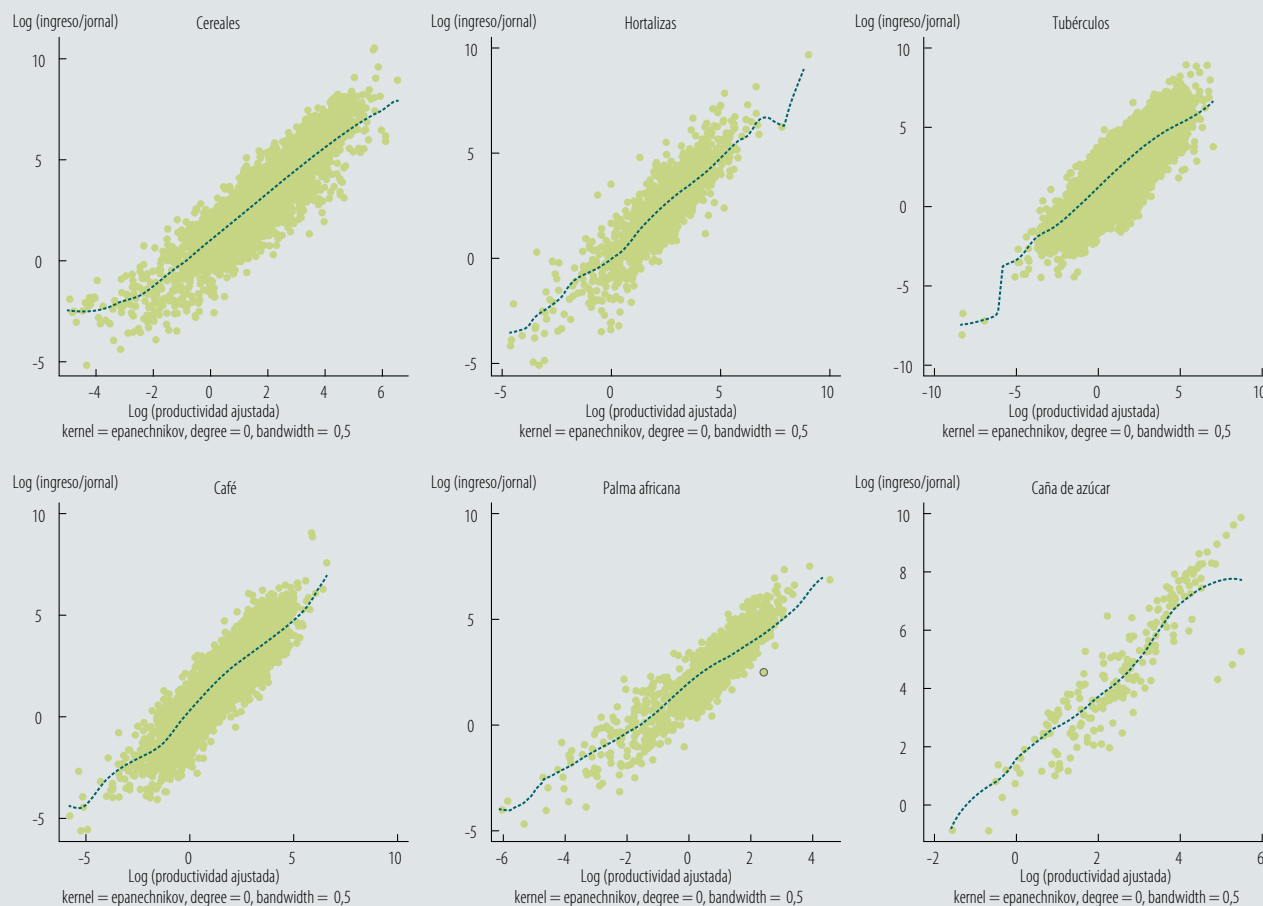
La condición de primer orden de los hogares establece que estos asignan a sus miembros entre los dos sectores productivos hasta que el ingreso en el sector no agrícola sea igual al beneficio promedio en el sector agrícola:

$$w = \int_s \pi(s) dF(s)$$

En definitiva, el equilibrio competitivo está definido por $\{c_a, c_n, N_a, K_n, N_n, [l(s), k(s), y_a(s)]_s\}$ que satisfacen:

Gráfico A2.6 (continuación)
Relación entre productividad estimada y valor de la producción por jornal

B.



Nota: la muestra incluye UPA con más del 80% del área sembrada en alguno de los cultivos considerados en cada gráfico. La medida ingreso se refiere al valor bruto de la producción anual de la UPA (miles de pesos). El número de jornales es la cantidad de jornales equivalente al número de trabajadores permanentes de la UPA, más los jornales adicionales en el año. Véase el Anexo 2.1 para más detalles sobre las variables y la muestra.

Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

- Los hogares maximizan su utilidad.
- Las fincas maximizan sus beneficios.
- $N_a + N_n = 1$ (mercado de trabajo en equilibrio).
- $K = N_a \int_s k(s) + K_n$ (mercado de capital en equilibrio).
- $L = N_a \int_s l(s) dF(s)$ (mercado de tierra en equilibrio).
- $c_a = N_a \int_s y_a dF(s)$ y $c_n = Y_n$ (mercados de bienes en equilibrio).

2.4.2 Ecuaciones principales del modelo con riesgo de despojo

Cuando la finca se enfrenta a un riesgo de despojo, su nuevo problema de maximización de beneficios está dado por:

$$\max_{l,k} \pi(s) = p_a A \kappa \left[\theta k^\rho + (1-\theta)(s(1-\tau)l)^\rho \right]^{\frac{\gamma}{\rho}} - ql - rk,$$

donde τ captura el riesgo de despojo⁸.

8 La toma de decisiones de los actores armados que realizan el despojo se supone como exógena y la tierra despojada deja de ser un recurso productivo.

En este caso, las condiciones de primer orden para el capital y la tierra son:

$$r = \frac{\theta \gamma y_a}{\left[\theta \left(\frac{k}{l} \right)^\rho + (1-\theta)((1-\tau)s)^\rho \right] l^\rho} k^{\rho-1}$$

$$q = \frac{(1-\theta)\gamma y_a}{\left[\theta \left(\frac{k}{l} \right)^\rho + (1-\theta)((1-\tau)s)^\rho \right] l^\rho} ((1-\tau)s)^\rho l^{\rho-1}$$

En el óptimo, la razón tierra a capital satisface:

$$\frac{l}{k} = \left[\frac{(1-\theta)r((1-\tau)s)^\rho}{q\theta} \right]^{\frac{1}{1-\rho}}$$

Dado esto, la demanda de tierra y capital nuevos están dados por:

$$l(s) = \left[\frac{\gamma(1-\theta)A\kappa p_a}{q} \right]^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

$$\left[\theta \left(\frac{\theta q}{(1-\theta)r} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} + (1-\theta)((1-\tau)s)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right] ((1-\tau)s)^{\frac{\rho}{1-\rho}},$$

$$k(s) = \left[\frac{\theta}{1-\theta} \frac{q}{r} \right]^{\frac{1}{1-\rho}} \left[\gamma(1-\theta)A\kappa \frac{p_a}{q} \right]^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

$$\left[\theta \left(\frac{\theta q}{(1-\theta)r} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} + (1-\theta)((1-\tau)s)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{\gamma-\rho}{\rho(1-\gamma)}}$$

De igual manera, la producción y los beneficios nuevos son:

$$y_a(s) = (A\kappa)^{\frac{1}{1-\gamma}} \left[\gamma(1-\theta) \frac{p_a}{q} \right]^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \left[\theta \left(\frac{\theta}{(1-\theta)r} \right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} + (1-\theta)((1-\tau)s)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{\gamma(1-\rho)}{\rho(1-\gamma)}}$$

$$\pi(s) = (1-\gamma) p_a y_a(s).$$

El riesgo de despojo también modifica el problema de maximización de la utilidad del hogar por medio de la restricción de presupuesto. Ahora, el hogar resuelve:

$$\max_{c_a, c_n} \phi \log(c_a - \bar{a}) + (1-\phi) \log(c_n)$$

sujeto a la restricción de presupuesto,

$$p_a c_a + c_n = (1 - N_a)w + N_a \int_s \pi(s) dF(s) + q(1-\tau)L + rK.$$

Finalmente, el equilibrio competitivo está definido por $\{c_a, c_n, N_a, K_n, N_n, [l(s), k(s), y_a(s)]_s\}$, que satisfacen:

- Los hogares maximizan su utilidad.
- Las fincas maximizan sus beneficios.
- $N_a + N_n = 1$ (mercado de trabajo en equilibrio).

- $K = N_a \int_s k(s) + K_n$ (mercado de capital en equilibrio).
- $L = N_a \int_s l(s) dF(s)$ (mercado de tierra en equilibrio).
- $c_a = N_a \int_s y_a dF(s)$ y $c_n = Y_n$ (mercados de bienes en equilibrio).

2.5 Calibración de los parámetros del modelo para el sector agrícola

Para calibrar este modelo en función de la economía colombiana se clasifican los parámetros en dos grupos: asignados y calibrados. Los parámetros del primer grupo son fijados con base en estimaciones o calibraciones obtenidas de la literatura económica colombiana e internacional (Cuadro A2.9). Los parámetros del segundo grupo son calibrados a partir de la estructura de este modelo, de tal manera que logren reproducir un conjunto de variables objetivo. Estas últimas son calculadas a partir de los datos observados en el Cuadro A2.10. El modelo hace un buen trabajo al reproducir diversas características pertinentes del sector agrícola. En particular, reproduce satisfactoriamente la distribución del tamaño de las firmas reportado en los datos y las razones capital a tierra entre fincas, a pesar de tener como valor objetivo en el proceso de calibración la razón capital/tierra entre la finca más grande y la más pequeña. Estos resultados se pueden apreciar en el Gráfico A2.7 y en el panel A del Gráfico A2.8. Así mismo, el Gráfico A2.8, paneles B y C, muestra que el modelo es consistente con la relación positiva, observada en los datos, entre el tamaño de las fincas y la productividad del trabajo, medida como valor agregado por trabajador.

2.5.1 Parámetros para el análisis cuantitativo

El Cuadro A2.11 muestra el valor de los parámetros que se utilizaron en los ejercicios realizados en el análisis cuantitativo. Todos se calculan con información para 2013, excepto cuando se indique lo contrario. A continuación se describe el cálculo de cada uno:

- *Empleo en agricultura (N_a/N)*. Es la razón entre los trabajadores en agricultura (N_a) y los trabajadores en todos los sectores del país (N). Para Colombia se toman los valores que reporta el DANE para el empleo total y el empleo en agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca. Los valores para los Estados Unidos se toman de las Estadísticas de Desarrollo Internacional de la OCDE.
- *Tamaño promedio de la finca (TPF)*. Para Colombia se calcula sobre la muestra del CNA (2014) delimitada como se explica en el Anexo 2.1. Para los Estados Unidos se toma de las Publicaciones del Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas (NASS, por su sigla en inglés), del Departamento de Agricultura sobre el censo agrícola de 2012.

- *Productividad del trabajo en agricultura (Y_a/N_a)*. Es la razón entre el valor agregado del sector agrícola (Y_a) y el número de trabajadores en agricultura. Para los dos países se toma el valor agregado en agricultura en dólares internacionales PPP⁹ proveniente de los indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial. El número de trabajadores agrícolas para Colombia es tomado del DANE y, en el caso de los Estados Unidos, de las estadísticas de desarrollo internacional de la OCDE.
 - *Productividad agregada del trabajo (Y/N)*. Es la razón entre el PIB total y el número de trabajadores en la economía. Para los dos países se toma el PIB en dólares internacional es por PPP de los indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial. Para Colombia se toman los valores de empleo del DANE y para los Estados Unidos los de la OCDE.
 - *Productividad del trabajo en el sector no agrícola (Y_n/N_n)*. Se calcula a partir de los valores ya descritos de (Y/N) y (Y_a/N_a) con la fórmula
- $$\frac{Y_n}{N_n} = \frac{Y - Y_a}{N - N_a}$$
- 9 Tasa de paridad de poder adquisitivo; es decir, un dólar internacional tiene el mismo poder adquisitivo sobre el PIB como en los Estados Unidos. Los datos están en dólares internacionales corrientes.

Cuadro A2.9

Parámetros asignados para la calibración del modelo en función de la economía colombiana

VARIABLES	NOTACIÓN	VALOR	FUENTE O VARIABLE OBJETIVO
Escala de la tecnología agregada	A	1	Normalización
Potencial productivo agrícola	κ	1,24	Cálculos propios Gamla ^{a/}
Probabilidad de despojo por conflicto armado	τ	0,12	Cálculos propios Gamla ^{a/}
Participación del capital en la producción no agrícola	α	0,3	Lanau <i>et al.</i> (2017)
Participación del capital en la producción agrícola	γ	0,38	Fan <i>et al.</i> (2002)

a/ Banco de la República (Grupo de Análisis del Mercado Laboral).

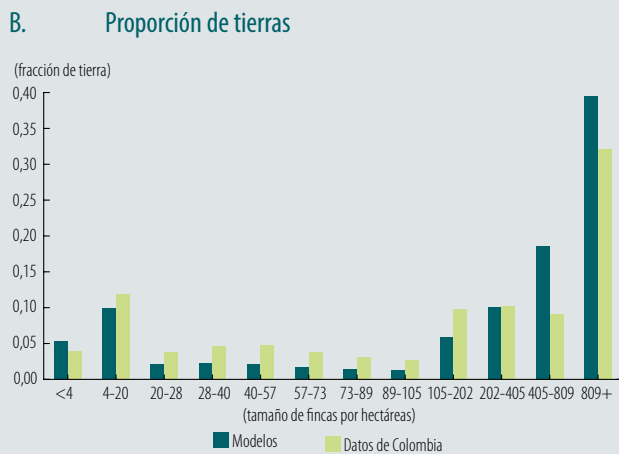
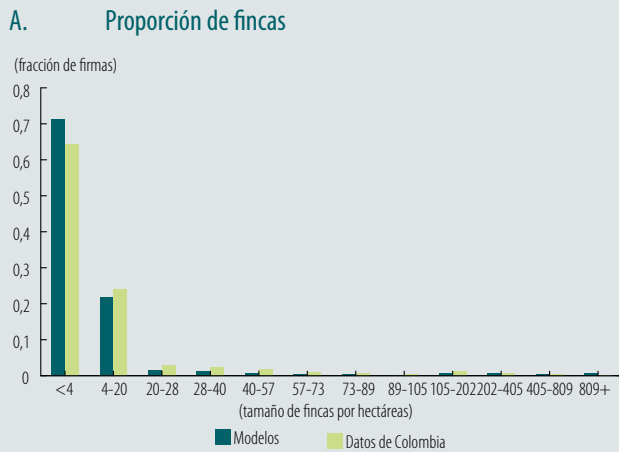
Cuadro A2.10

Parámetros calibrados a partir de la estructura del modelo para la posterior calibración del modelo en función de la economía colombiana

PARÁMETRO	NOTACIÓN	VALOR	VARIABLE OBJETIVO	VALOR	FUENTE
Participación del factor tierra en la producción agrícola	θ	0,31	Participación del costo de la tierra en el costo total de la producción agrícola	0,26	Fuglie (2010)
Razón capital/tierra entre la finca más grande y la más pequeña	ρ	0,24	Disparidad en la razón capital/tierra entre la finca más grande y la más pequeña	178,08	CNA (cálculos propios)
Consumo mínimo de subsistencia	\bar{a}	0,1	Participación del empleo agrícola en el empleo total	0,17	Cálculos propios Gamla ^{a/}
Ponderación del consumo agrícola en las preferencias	ϕ	0,01	Participación del empleo agrícola en el empleo total del largo plazo	0,01	Adamopoulos y Restuccia (2014)
Media de la distribución de habilidades	μ	-8,46	Media y varianza de la distribución de las fincas	0,08	CNA (cálculos propios)
Varianza de la distribución de habilidades	σ	2,52	Media y varianza de la distribución de las fincas	0,04	CNA (cálculos propios)
Dotación agregada de capital	K	3,67	Razón capital/producto	2,48	Lanau <i>et al.</i> (2017)
Dotación agregada de tierra	L	2,92	Tamaño promedio de la finca	17,32	CNA (cálculos propios)
Pendiente de la función de distorsiones T_s	ψ	0,08	Diferencia en el tamaño de la finca promedio entre los Estados Unidos y Colombia	10,13	Cálculos propios Gamla ^{a/}
Impuesto a los ingresos del sector no agrícola	ξ	0,68	Razón entre productividad agrícola y productividad no agrícola	0,36	Cálculos propios Gamla ^{a/}

a/ Banco de la República (Grupo de Análisis del Mercado Laboral).

Gráfico A2.7
Distribución registrada en los datos y calibrada por el modelo de la cantidad de fincas y de tierra por rangos de tamaño de la finca

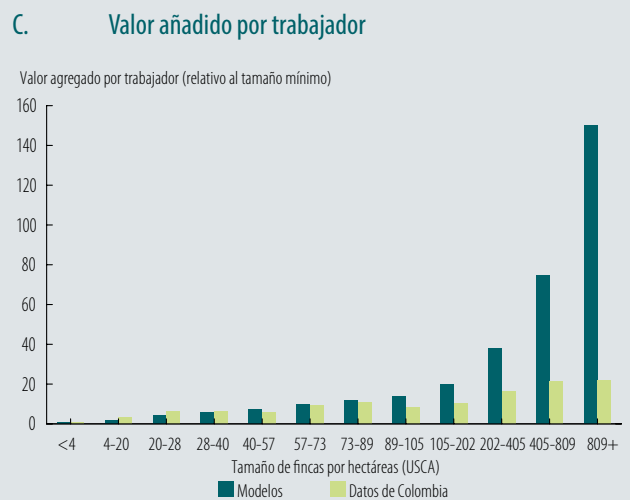
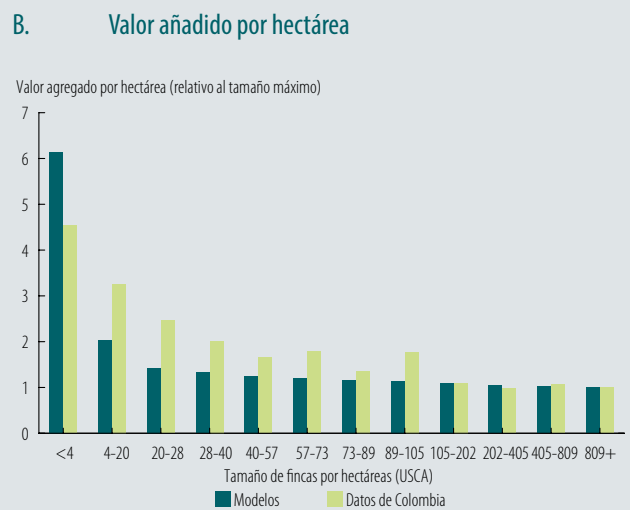
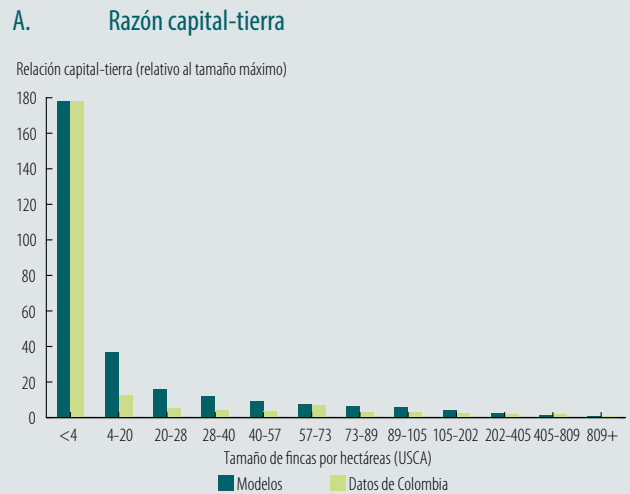


Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

- **Tierra por trabajador (S/FL).** Es la razón entre la tierra disponible para agricultura (S) y la fuerza de trabajo del país (FL). Para Colombia se toma el total de tierra con vocación agrícola y ganadera que calcula el IGAC¹⁰, y para los Estados Unidos se toma el total de tierra arable calculado por NASS. El valor de fuerza de trabajo para los dos países es tomado de los indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial.

El Cuadro A2.12 resume la información sobre los indicadores con que se calculan los parámetros del Cuadro A2.11.

Gráfico A2.8
Otras distribuciones registradas en los datos y calibradas por el modelo



Fuente: DANE (3.er CNA, 2014); cálculos de los autores.

Cuadro A2.11
Parámetros para el análisis cuantitativo de la sección 2.3

Indicadores	Estados Unidos / Colombia
Empleo en agricultura N_a/N (porcentaje)	0,089
Tamaño promedio de la finca (TPF)	10.139
Productividad del trabajo en agricultura (Y_a/N_a)	11,36
Productividad agregada del trabajo (Y/N)	4,06
Productividad del trabajo en no agrícola (Y_n/N_n)	3,57
Tierra por trabajador (S/FL)	1.561

Fuente: se describen con detalle en el Anexo 2.5.1.

2.5.2 Riesgo de despojo en Colombia y los Estados Unidos

El valor de τ para Colombia se calcula como la proporción de tierras informales despojadas o en abandono a causa del conflicto armado. Este valor se toma del número de hectáreas declaradas como abandonadas o despojadas ubicadas en predios presumiblemente informales o en municipios sin formación catastral, calculada por Arteaga *et al.* (2017)¹¹ a partir del Registro Único de Tierras y Predios Abandonados (Rupta) y de la información de la Unidad de Restitución de tierras (URT) sobre el total de tierra en UPA registradas en el censo.

$$\tau_{Col} = \frac{5,2 \text{ millones de ha.}}{43 \text{ millones de ha.}} = 0,12$$

En los ejercicios de comparación de Colombia y los Estados Unidos debe ser igual a 0.

2.6 Análisis de sensibilidad a la medida de riesgo de despojo

En los cuadros A2.13 y A2.14 se presentan los resultados de los ejercicios contrafactuales asumiendo un riesgo de despojo del 30% y del 50%. Estos resultados son similares en magnitud a los del documento con un riesgo de despojo del 12% y solo presentan cambios pequeños en la proporción de trabajadores en agricultura, el tamaño promedio de las fincas y productividad por trabajador agrícola. La baja sensibilidad de las variables de resultado al riesgo de despojo puede ser consecuencia de la manera como este se incluye en el modelo. Como se discutió en el artículo, se tomó la decisión de incluir este como un factor que afecta solamente el acceso a la tierra, debido a que de esta es la medida que más se ajusta a los datos disponibles.

Cuadro A2.12
Indicadores usados en el cálculo de los parámetros del modelo

Indicador	Valor	Medida	Fuente
Tamaño promedio de la finca			
TPF_u	175,6	1 hectárea	USDA
TPF_c	17,3	1 hectárea	CNA (cálculos propios)
PIB			
Y_u	16.691.517,00	1.000.000 dólares PPP	Banco Mundial
Y_c	602.441,50	1.000.000 dólares PPP	Banco Mundial
Valor agregado de la agricultura			
$(Y_a)_u$	230.399,00	1.000.000 dólares PPP	Banco Mundial
$(Y_a)_c$	33.704,60	1.000.000 dólares PPP	Banco Mundial
Empleo total			
N_u	143.929,30	1.000 personas	OCDE
N_c	21.076,20	1.000 personas	DANE
Empleo total en agricultura			
$(N_a)_u$	2.129,80	1.000 personas	OCDE
$(N_a)_c$	3.541,90	1.000 personas	DANE
Tierra total			
S_u	370.085,00	1.000 hectáreas	USDA
S_c	37.270,30	1.000 hectáreas	IGAC
Fuerza de trabajo total			
FL_u	158.992,30	1.000 hectáreas	Banco Mundial
FL_c	25.001,10	1.000 hectáreas	Banco Mundial

Nota: subíndices *u* y *c* indican los Estados Unidos y Colombia, respectivamente.
Fuente: se describen con detalle en el Anexo 2.5.1.

11 Arteaga *et al.* (2017). "Fondo de Tierras del Acuerdo Agrario de La Habana: estimaciones y propuestas alternativas", documento CEDE, núm. 41, Universidad de los Andes.

Cuadro A2.13

Efectos de factores agregados relativos a los de los Estados Unidos con riesgo de despojo del 30%

	Predicciones del modelo					Colombia
	Estados Unidos	+ diferencias en tierra arable	+ diferencias en el potencial productivo agrícola	+ riesgo de expropiación	+ diferencias en productividad agregada y en capital	
Empleo en la agricultura (porcentaje)	2,50	2,59	2,97	3,05	9,98	16,80
Tamaño promedio de las fincas	1,04	1,68	1,92	1,98	6,46	10,13
Productividad laboral en agricultura	1,00	1,06	1,34	1,40	6,42	12,50
Productividad laboral agregada	1,00	1,00	1,01	1,01	3,73	4,07
PTF	1,00	1,00	1,00	1,00	2,21	1,86

Nota: el cuadro presenta las predicciones del modelo cuando gradualmente se reemplazan algunos valores de los parámetros que corresponden a los Estados Unidos (escenario base), por los valores que se observan en la economía colombiana. Las columnas 3 a 6 presentan estas predicciones. La columna 2 muestra los datos para los Estados Unidos en el escenario base. La columna 7 presenta los datos para Colombia. Con excepción del empleo en agricultura (que se presenta en la primera fila del Cuadro) las demás variables de interés están normalizadas con respecto al valor en los Estados Unidos.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A2.14

Efectos de factores agregados relativos a los de los Estados Unidos con riesgo de despojo del 50

	Predicciones del modelo					Colombia
	Estados Unidos	+ diferencias en tierra arable	+ diferencias en el potencial productivo agrícola	+ riesgo de expropiación	+ diferencias en productividad agregada y en capital	
Empleo en la agricultura (porcentaje)	2,50	2,59	2,97	3,13	10,34	16,80
Tamaño promedio de las fincas	1,04	1,68	1,92	2,02	6,70	10,13
Productividad laboral en agricultura	1,00	1,06	1,34	1,45	6,68	12,50
Productividad laboral agregada	1,00	1,00	1,01	1,01	3,74	4,07
PTF	1,00	1,00	1,00	1,00	2,21	1,86

Nota: el cuadro presenta las predicciones del modelo cuando gradualmente se reemplazan algunos valores de los parámetros que corresponden a los Estados Unidos (escenario base), por los valores que se observan en la economía colombiana. Las columnas 3 a 6 presentan estas predicciones. La columna 2 muestra los datos para los Estados Unidos en el escenario base. La columna 7 presenta los datos para Colombia. Con excepción del empleo en agricultura (que se presenta en la primera fila del cuadro) las demás variables de interés están normalizadas con respecto al valor en los Estados Unidos.

Fuente: cálculos de los autores.