

LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES EN EL SECTOR AGROPECUARIO EN COLOMBIA, 1961 – 2013

ÁLVARO HERNANDO CHAVES CASTRO*

RESUMEN

Se analizan las principales implicaciones derivadas de un ejercicio de contabilidad del crecimiento aplicado a la actividad agropecuaria, mediante un modelo teórico estándar que incorpora subsidios y cierto grado de competencia imperfecta en el sector. Los resultados de las estimaciones a partir de los enfoques dual y primal muestran la existencia de diferencias significativas de la productividad total de factores (PTF), lo que podría evidenciar efectos distorsionantes que generan una reasignación de factores al interior de las actividades del sector. Así mismo, la aplicación de un test simple de diferencia de medias y de un modelo de diferencias con regresores adicionales, revelan que los productos favorecidos por las políticas de subsidios y/o apoyos presentan una diferencia de 3,2 puntos porcentuales a favor, en la estimación de la PTF, diferencia que es estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 1%.

Palabras clave: Productividad Multifactorial, enfoques dual y primal, contabilidad de crecimiento.

Clasificaciones JEL: C5, O4, Q12.

* Profesor asociado e investigador del Centro de Estudios Económicos del Programa de Economía en la Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: alvaro.chaves@escuelaing.edu.co. El autor agradece al profesor Hernando Zuleta de la Universidad de los Andes por los valiosos comentarios a una versión anterior del artículo. De igual forma, se agradecen los valiosos aportes y sugerencias del profesor Roberto Fortich, estudiante de doctorado en la Universidad del Rosario. Recibido: Septiembre 21 de 2016; aceptado: marzo 28 de 2017.

ABSTRACT

Total Productivity of Factors in the Agricultural Sector in Colombia, 1961 – 2013

This paper analyses the main implications from an exercise of growth accounting applied to the agricultural sector in Colombia, using a theoretical model that includes subsidies and certain degree of non-perfect market competition. The results of estimation from the dual and primal approaches show significant differences between TFP measured by these methods, which could demonstrate distorting effects that generates a “dynamic reallocation effect” phenomenon in agricultural activity. Additionally, the single-sample t-test and the model of differences with additional regressors show that TFP for agricultural products that received subsidies and preferential tariffs by the government compared to non-favored is statistically significant and different from zero. The difference between TFP favored and non-favored groups is 3,2 points and is said to be statistically different than the hypothesized value at the 1% significance level.

Key words: Total Factor Productivity, dual and primal method, growth accounting.

JEL Classifications: C5, O4, Q12.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de economías, desarrolladas y en desarrollo, experimentan fuertes fluctuaciones en el crecimiento económico en presencia de distorsiones que afectan estadísticamente la estimación de los indicadores de productividad. Algunas de estas distorsiones podrían reflejar las políticas del gobierno en términos del otorgamiento de subsidios al capital o en el establecimiento de tarifas impositivas diferenciales que favorecen particularmente a algunas firmas o sectores de la economía. Otras distorsiones reflejan el poder de mercado que se manifiesta en estructuras económicas monopólicas u oligopólicas, cuyo fin primordial es la obtención de altos beneficios económicos. Dichas distorsiones, en teoría y en la práctica, afectan los indicadores de productividad total de los factores (PTF) cuando se miden a partir del enfoque primal (que tiene en cuenta las cantidades de insumos utilizados en la producción) y cuando se miden desde un enfoque

dual (utilizando los precios reales de los factores productivos). En este trabajo se realiza un análisis de contabilidad del crecimiento con el fin de extraer algunas implicaciones para el sector agropecuario. Esto se hace a partir de un modelo teórico que incorpora subsidios y poder de mercado, permitiendo así cuantificar la existencia de diferencias significativas en la PTF calculada a partir de ambos enfoques.

Las intervenciones de política, en general, propician grandes distorsiones en los sectores que reciben altos apoyos o subsidios.¹ Los productores favorecidos reciben subvenciones para financiar proyectos de inversión o en ocasiones en forma de tratamientos tributarios preferenciales, ocasionalmente utilizados por algunas firmas extranjeras que ofrecen beneficios con el fin de fomentar la inversión extranjera directa, o a través de diferimientos arancelarios otorgados por los gobiernos a sectores con alto poder de presión.²

El más reciente informe sobre Revisión de Políticas Agrícolas en Colombia elaborado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE) (2015), afirma que el apoyo a los productores se basa en instrumentos de política que provocan importantes distorsiones en la producción, y el comercio, y generan una escasa eficiencia a la hora de incrementar los ingresos brutos de los productores agrícolas. En Colombia, el apoyo a los productores de este sector se ha materializado durante un largo período de tiempo a través de la intervención a los precios de mercado y a través de diferentes subsidios a los insumos. Según el informe, el nivel de apoyo al productor medido a partir del Apoyo Estimado al Productor (PSE, por sus siglas en inglés) entre 2011 y 2013 se situó en un promedio de USD \$6.500 millones (equivalentes al 20% de los ingresos brutos de los productores agrícolas), ubicándose así sobre el promedio de la OCDE (18%), y de países con niveles medios de apoyo como Turquía (19%), la Unión Europea (19%) e Indonesia (19%).

En términos de la medición de la productividad, los subsidios y apoyos recibidos por los productores agrícolas podrían dificultar la estimación de la PTF

¹ En el informe sobre apoyos al sector agropecuario colombiano de la OCDE se recomienda eliminar las partidas presupuestales a instrumentos de política que distorsionan la producción y el comercio, como los pagos directos en función de la producción y los subsidios a los insumos que resultan costosos, ineficientes y escasamente eficaces a la hora de promover el crecimiento sostenible y la competitividad del sector.

² En Colombia, y específicamente en el sector agropecuario, algunos gremios del sector con fuerte representación solicitan al gobierno mantener elevados aranceles para sus productos, muchas veces por eventos coyunturales relacionados con bajos precios internacionales de los productos o prácticas de contrabando que afectan negativamente el mercado doméstico.

estimada a través del enfoque dual. Esta distorsión se genera gracias a que el crecimiento de la productividad se basa en la variación en el pago real de los factores productivos (estructura de costos), lo que podría generar una brecha con respecto al verdadero crecimiento tecnológico experimentado por el sector analizado. En contraste, el crecimiento de la PTF medida a partir del enfoque primal, no utiliza directamente una estimación de los costos.

Otra fuente de distorsiones que afectan la medición de la PTF es la existencia de estructuras monopólicas caracterizadas por ejercer cierto poder de mercado en la formación de precios del sector. El poder monopólico refleja las barreras a la entrada que protegen a los que generan el poder, y la fijación de precios que contienen altos márgenes de beneficios sobre costos. Estos márgenes provocan problemas al momento de estimar la PTF dado que gracias a ellos podrían surgir brechas entre la participación observada de los factores productivos dentro de los ingresos y la elasticidad del producto con respecto a los precios de dichos factores. Por ejemplo, en el caso de una tecnología con dos factores y en presencia de rendimientos constantes a escala, la elasticidad del producto con respecto al precio del factor trabajo se puede aproximar a través de la participación de los ingresos del trabajo (salarios) en el ingreso total y la elasticidad del producto con respecto al capital se estima como una participación residual. No obstante, los beneficios económicos derivados del poder de mercado afectan las participaciones de los factores en el producto total, dado que la presencia de márgenes de beneficios sobre costos aumenta artificialmente los precios de los productos.

Las mediciones de la PTF a partir de datos agregados en una economía fundamentada en un modelo de dos sectores podrían potencialmente incluir efectos de reasignación, toda vez que el mismo factor productivo puede tener diferentes valores sociales en diferentes usos (Fernald, 2014). Este tipo de heterogeneidades no observadas entre sectores y productores y las distorsiones mencionadas arriba tienen efectos significativos en la medición de la PTF en el sector agropecuario colombiano. Por consiguiente, el marco teórico aquí utilizado es similar al expuesto por Fernald y Neiman (2010), que permite identificar las distorsiones generadas por los subsidios y las tarifas preferenciales entre los sectores favorecidos y no favorecidos.³ Luego se estima la productividad agregada del sector que incorpora los efectos de reasignación factorial, a partir de los enfoques primal y dual.

³ Hace alusión a las unidades productivas del sector que se han beneficiado o han recibido cierto tipo de ayudas, subsidios y/o apoyos por parte del gobierno.

El objetivo de este trabajo es ofrecer evidencia cualitativa y cuantitativa que permita evaluar si las distorsiones generadas por los subsidios a factores productivos y productores favorecidos mediante tasas impositivas (aranceles) podrían generar efectos de reasignación sobre la medición agregada de la PTF para el sector agropecuario en Colombia.

Para lograrlo, el documento está dividido en cinco secciones, incluida esta introducción. En la segunda parte se describe el marco teórico que permite abordar el estudio del crecimiento en un modelo de dos sectores caracterizado por incluir distorsiones generadas por subsidios al capital y tarifas arancelarias preferenciales. La sección tres identifica para el sector agropecuario colombiano algunas medidas del gobierno como subsidios al capital y exenciones tributarias que se constituyen como las principales fuentes de distorsión de su productividad. En la cuarta sección se presentan los resultados de la medición de la PTF agregada para el sector mediante los enfoques primal y dual. Finalmente, se presentan unos comentarios a manera de conclusión y algunas implicaciones de política derivada de los resultados empíricos.

II. CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO EN UN MODELO DE DOS SECTORES

En esta sección se describe el marco teórico que fundamenta la estimación de la PTF a partir de un ejercicio de contabilidad del crecimiento, utilizando los enfoques dual y primal. La presentación del modelo teórico sigue muy de cerca lo expuesto por autores como Restuccia y Rogerson (2007), Fernald y Neiman (2010), Hsieh y Klenow (2010) y Banerjee y Moll (2010), quienes analizan el fenómeno de la reasignación de recursos y la asignación ineficiente de los mismos, derivados de la presencia de distorsiones en un marco de equilibrio parcial. No obstante, en este trabajo se realizan algunas modificaciones relacionadas con la naturaleza del sector agropecuario colombiano. La modificación más importante es la relacionada con la distinción de unidades productivas favorecidas y no favorecidas con las políticas de subsidios y tratamiento arancelario diferencial otorgadas por el Gobierno al interior del sector.

El modelo opera en un ámbito de equilibrio parcial en el que unas unidades productivas perciben beneficios puros y tienen acceso a bienes de capital a un menor costo. Un ejemplo son los subsidios otorgados por el Gobierno a la compra de maquinaria y bienes de capital y algunas otras preferencias impositivas.

Estos rasgos del modelo son característicos de las economías en desarrollo o de economías emergentes, donde es factible que se presenten diferencias significativas en las mediciones de PTF a partir de un marco de contabilidad del crecimiento. El modelo parte de describir un óptimo derivado de la maximización de beneficios. Tiene en cuenta, además, las heterogeneidades en los costos de producción y las posibles diferencias en la medición de la PTF a partir de los enfoques dual y primal.

A. El problema de las unidades productivas

Las unidades productivas se indexan por $i = Favorecidas (F)$ o *no favorecidas (NF)*, las cuales utilizan en el proceso productivo factores homogéneos como stock de capital K y trabajo L , es decir $K_t = K_{F,t} + K_{NF,t}$ y $L_t = L_{F,t} + L_{NF,t}$. Asimismo, las unidades productivas utilizan una tecnología de producción tipo Cobb-Douglas de la forma, $Y_{i,t} = A_{i,t} K_{i,t}^{\alpha_i} L_{i,t}^{1-\alpha_i}$, donde $A_{i,t}$ representa la tecnología de la unidad productiva.

El objetivo de las unidades productivas es maximizar el valor presente descontado de los beneficios. La función de beneficios en cada período es igual a los ingresos netos de impuestos menos el gasto en salarios y capital

$$\pi_{i,t} = (1 - \tau_{i,t}) \left[P_{i,t} (Y_{i,t}) Y_{i,t} - W_t L_{i,t} \right] - (1 - \kappa_{i,t} - \tau_{i,t} D_{i,t}) q_t I_{i,t} \quad (1)$$

Las unidades productivas toman el salario, W_t , como dado y descuentan el pago de salarios antes de pagar impuestos a la tasa $\tau_{i,t}$. El precio de los bienes de capital está representado por q_t , el valor presente de los márgenes de depreciación está dado por $D_{i,t}$, el cual podría pagarse como un impuesto al crédito⁴, $\kappa_{i,t}$ es un tipo de subsidio a la inversión. Así, el término $(1 - \kappa_{i,t} - \tau_{i,t} D_{i,t})$ sería el gasto efectivo neto de capital por parte de la unidad productiva. Si existe cierto poder de mercado, entonces el precio $P_{i,t}$ podría depender de la elección del producto, es decir $P_{i,t}(Y_{i,t})$. Si la tasa de interés nominal entre el período $t-1$ y t es ρ_t , entonces

⁴ Con tasas impositivas constantes, esto equivale a permitir que las unidades productivas deduzcan la depreciación cada periodo contra los ingresos antes de pagar los impuestos. Por consiguiente $D_{i,t}$ será el valor presente descontado de estas deducciones.

$\prod_{j=0}^t (1 + \rho_j)^{-1}$ es la tasa de descuento de la unidad productiva desde el período 0 al período t (con $\rho_0 \equiv 0$).

Al asumir perfecta previsión, el problema de la firma está dado por:⁵

$$\text{Max, } \sum \left[\prod_{j=0}^t (1 + \rho_j)^{-1} \right] \left\{ (1 - \tau_{i,t}) \left[P_{i,t} (Y_{i,t}) Y_{i,t} - W_t L_{i,t} \right] - (1 - \kappa_{i,t} - \tau_{i,t} D_{i,t}) q_t I_{i,t} \right\} \quad (2)$$

Sujeto al stock de capital inicial $K_{i,0}$, la función de producción, y la restricción de que el factor capital depende del nivel de inversión $I_{i,t}$ y de la tasa de depreciación δ , es decir $K_{i,t+1} = (1 - \delta) K_{i,t} + I_{i,t}$.

La condición de primer orden con respecto al factor trabajo muestra que la elasticidad del producto con respecto al trabajo es un margen de beneficios sobre costos $\mu_{i,t}$, en donde los costos están representados por la participación de los salarios pagados en el total de ingresos $sL_{i,t}$, es decir:

$$1 - \alpha_i = \mu_{i,t} \frac{W_t L_{i,t}}{P_{i,t} Y_{i,t}} \equiv \mu_{i,t} sL_{i,t} \quad (3)$$

En donde

$$\mu_{i,t} = \left[1 + \left(\partial P_{i,t} / \partial Y_{i,t} \right) \left(Y_{i,t} / P_{i,t} \right) \right]^{-1} \quad (4)$$

En competencia perfecta, el precio no se ve afectado por el volumen de producción de la unidad productiva, es decir $\mu_{i,t}$. De forma similar, la condición de primer orden con respecto al stock de capital, permite obtener la ecuación de Euler del capital y muestra que la elasticidad del producto con respecto al capital es un margen de beneficios sobre costos de la forma $\alpha_i = \mu_{i,t} (R_{i,t} K_{i,t}) / (P_{i,t} Y_{i,t}) \equiv \mu_{i,t} sK_{i,t}$, en donde los costos están representados por la participación de los pagos a los servicios de capital en el total de ingresos $sK_{i,t}$. El costo de uso del capital se aproxima a través de la estimación implícita de una tasa de alquiler, es decir:

$$R_{i,t} = \frac{1}{1 - \tau_{i,t}} \left[\left(\frac{1 + \rho_t}{q_t / q_{t-1}} \right) (1 - k_{i,t-1} - \tau_{i,t-1} D_{i,t-1}) - (1 - \delta) (1 - k_{i,t-1} - \tau_{i,t-1} D_{i,t-1}) \right] q_t \quad (5)$$

⁵ El supuesto de "perfecta previsión" en este contexto, implica que las expectativas que tienen los agentes sobre los precios son correctas y opera como un prerrequisito en el logro del equilibrio de mercado.

Sea $\hat{q} = dq/q$ la variación porcentual de la variable q , entonces $(1 + \rho_t)/(q_t/q_{t-1}) \approx 1 + \rho_t - \hat{q}_t$. Si $\tau_i D_i$ y κ_i permanecen constantes en los períodos $t - 1$ y t , entonces la variable $R_{i,t}$ toma la forma familiar:

$$R_{i,t} = (\rho_t + \delta - \hat{q}_t) \left(\frac{1 - \kappa_{i,t} - \tau_{i,t} D_{i,t}}{1 - \tau_{i,t}} \right) q_t \equiv (\rho_t + \delta - \hat{q}_t) T_{i,t} q_t \quad (6)$$

En donde $T_{i,t}$ es la brecha entre los impuestos, subsidios al capital y los descuentos por depreciación. El costo de uso es el costo implícito de utilizar o de alquilar capital durante un período, y se constituye en la contraparte al pago de la masa salarial por parte de las unidades productivas.

La unidad productiva debe generar una utilidad después de impuestos que le permita pagar los intereses más la tasa de depreciación. El término $T_{i,t}$ captura los impuestos o subsidios que afectan la utilidad antes de impuestos que la firma debe obtener con el fin de alcanzar este rendimiento después de impuestos. El precio de compra de los bienes de capital es efectivamente $(1 - \kappa_{i,t} - \tau_{i,t} D_{i,t}) q_t$, por consiguiente, la reducción de los subsidios a la inversión o la caída en la tasa de depreciación incrementa el costo de uso, cuando se incrementa τ_i .

Los beneficios económicos instantáneos serán:

$$\pi_{i,t} = P_{i,t} Y_{i,t} - R_{i,t} K_{i,t} - W_t L_{i,t} \quad (7)$$

La participación de los beneficios en el ingreso total está dada por $s\pi_{i,t} \equiv \pi_{i,t}/(P_{i,t} Y_{i,t}) = 1 - sL_{i,t} - sK_{i,t} = (\mu_{i,t} - 1)/\mu_{i,t}$. En presencia de rendimientos constantes a escala, un markup $\mu_{i,t} > 1$ inducirá la obtención de beneficios puros.

III. LOS ENFOQUES DUAL Y PRIMAL PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PTF

Al diferenciar la función de producción, el crecimiento de la tecnología a partir del enfoque primal (cantidades) será:

$$\hat{g}_i = \hat{y}_i - \alpha_i \hat{k}_i - (1 - \alpha_i) \hat{i}_i \quad (8)$$

A partir de las condiciones de primer orden, las ponderaciones son las participaciones de los factores en el costo total, es decir, $\alpha_i = R_{i,t} K_{i,t} / (R_{i,t} K_{i,t} + W_t L_{i,t})$.

El enfoque dual también requiere de la participación de los factores en el costo total, pero los utiliza para ponderar el crecimiento de los precios reales de los factores productivos antes que las cantidades. Al diferenciar la Ecuación 7, sustituir en la Ecuación 8 y reordenar términos, se obtiene el crecimiento de la tecnología:

$$\hat{g}_i = (1 - \alpha_i)(\hat{w}_i - \hat{p}_i) + \alpha_i(\hat{r}_i - \hat{p}_i) + \frac{s\pi_i}{1 - s\pi_i} \widehat{s\pi}_i \quad (9)$$

En donde $\widehat{s\pi}_i = \widehat{\pi}_i - \hat{p}_i - \hat{y}_i$, es la tasa de crecimiento de los beneficios de la unidad productiva i . Intuitivamente, si mejora la tecnología, entonces alguien paga más por unidad de producto o la remuneración a los factores productivos aumenta. En principio, las estimaciones del crecimiento en el costo de uso del capital (\hat{r}_{Dual}) y del salario (\widehat{W}_{Dual}) podrían estimarse a partir de los datos observados independientemente de la información reportada por el sistema de cuentas nacionales. Si se realiza una estimación precisa de las participaciones de los factores productivos en el costo total, se puede alcanzar una medición apropiada del crecimiento de los precios de los factores productivos (teniendo en cuenta las tasas impositivas que afectan la utilidad antes de impuestos T_i , es decir $\hat{r}_{Dual} = \hat{r}_i$ y $\widehat{W}_{Dual} = \widehat{W}_i$). Lo anterior, permite una estimación exacta del nivel y del crecimiento de la participación de los beneficios en el ingreso total; y por consiguiente una estimación apropiada del crecimiento de la tecnología.

El crecimiento de la producción agregada, en la tecnología, y la estimación de la PTF podrían reflejar estos valores para las unidades productivas. A partir de la tecnología Cobb-Douglas, el crecimiento de la producción para las unidades favorecidas y no favorecidas, será:

$$\hat{y} = (w_F \hat{\alpha}_F + w_{NF} \hat{\alpha}_{NF}) + (w_F \alpha_F \hat{k}_F + w_{NF} \alpha_{NF} \hat{k}_{NF}) + [w_F (1 - \alpha_F) \hat{l}_F + w_{NF} (1 - \alpha_{NF}) \hat{l}_{NF}] \quad (10)$$

El crecimiento de la PTF a partir del enfoque primal tradicionalmente se estima a partir de las participaciones de los ingresos generados por el factor trabajo (salario) en el ingreso total, antes que las participaciones de los insumos sobre los costos, con el fin de ponderar el crecimiento del factor productivo. A nivel de la unidad productiva, se tiene la siguiente expresión:

$$\widehat{TFP}_{Primal,i} \equiv \hat{y}_i - (1 - s_{Li}) \hat{k}_i - s_{Li} \hat{l}_i \quad (11)$$

La participación de la remuneración al trabajo s_{Li} es fácil de medir y por tanto se puede estimar la participación de la remuneración del factor capital como un

residuo, es decir, $(1 - s_{Li})$. Si todas las unidades productivas presentan poder de mercado, en el sentido de que pueden fijar los precios, $\mu_i > 1$, el enfoque primal para la estimación de la PTF reflejado en la Ecuación 10, en general, no sería igual al cambio tecnológico \hat{g}_t . En particular, a partir de la Ecuación 8 y de las condiciones de primer orden, se puede encontrar que:

$$g_i = \widehat{TFP}_{Primal,i} + (\mu - 1)s_{Li}(\hat{k}_i - \hat{l}_i) \quad (12)$$

Con beneficios puros, se genera un exceso en la participación del capital y un menor peso en la participación del factor trabajo, tal como lo analiza Hall (1990). Si el stock de capital crece más rápido que el trabajo, entonces el crecimiento de la tecnología excede la estimación de la PTF a partir del enfoque primal.

Ahora consideremos la estimación de la PTF a partir del enfoque dual. Como marco de referencia, supongamos que se utilizan los mismos datos de la estimación de la PTF a partir del enfoque primal, esto es producción nominal y real, salarios y cantidad de trabajo y stock de capital. Sin embargo, no se pueden distinguir los beneficios económicos por unidad de capital en la unidad productiva i , π_i/K_i , a partir del costo de uso del capital. Una implicación natural de la remuneración del factor capital podría reflejarse en la remuneración al factor capital en forma de residuo. Si se define el rendimiento al capital de la forma $(P_i Y_i - W_i L_i)/K_i = (R_i + \pi_i/K_i)$. Al diferenciar totalmente la identidad contable $P_{t,i} Y_{t,i} = W_{t,i} L_{t,i} + (R_i + \pi_i/K_i)$, y reordenar términos, se tiene:

$$\hat{y}_i - s_{Li} \hat{l}_i - (1 - s_{Li})k_i = s_{Li}(\hat{w} - \hat{p}_i) + (1 - s_{Li}) \left[\left(r_i + \frac{\hat{\pi}_i}{k_i} \right) - \hat{p}_i \right] \quad (13)$$

El lado izquierdo es la tasa de crecimiento de la PTF bajo el enfoque primal obtenido a partir de la Ecuación 11. Por su parte la Ecuación 13 muestra que el crecimiento estándar de la PTF puede ser estimado a partir de las cantidades de factores productivos o a partir del crecimiento ponderado de los precios de los factores (enfoque dual).

Siguiendo a Hsieh (2002), bajo el supuesto que se continúa utilizando la participación de los ingresos del trabajo en el ingreso total s_{Li} y $1 - s_{Li}$ como ponderadores y la presencia de aranceles a las importaciones y el otorgamiento de subsidios por parte del gobierno, se podría estimar el costo de usos del capital de todas las unidades productivas como:

$$\hat{r}_{Dual,i} = (\rho + \delta - \hat{q}) \quad (14)$$

Si ρ es alguna tasa de interés del mercado financiero, podría ser una buena *proxy* de la tasa de descuento utilizada por la unidad productiva y por consiguiente, la estimación del costo de uso del capital todavía podría diferir del verdadero costo de uso debido a la presencia de tasas impositivas y subsidios, T_i , y se podría estimar de manera incorrecta el crecimiento en el costo de uso de capital: $\hat{r}_{Dual,i} = \hat{r}_i - \hat{t}_i$. En todo caso, y asumiendo que $\hat{w}_{Dual} = \hat{w}$, se puede mostrar que:

$$\begin{aligned} \widehat{TFP}_{Dual,i} &\equiv (1 - s_{L_i})(\hat{r}_{Dual,i} - \hat{p}_i) - s_{L_i}(\hat{w} - \hat{p}_i) \\ &= \hat{g}_i(1 - s\pi_i) - s\pi_i\hat{\pi}_i - (1 - s\pi_i)(1 - \alpha_i)\hat{t}_i \end{aligned} \quad (15)$$

Si los beneficios son iguales a cero y T_i es constante, entonces el crecimiento de la PTF bajo el enfoque dual será igual al crecimiento tecnológico. Si estas condiciones no se mantienen las dos tasas de crecimiento podrían diferir.

Estas diferencias analizadas hasta aquí hacen referencia a estimaciones con datos de tipo sectorial. Sin embargo, las estimaciones de la PTF tradicionalmente utilizan datos agregados para el producto y los factores productivos, lo cual refleja muchas veces la disponibilidad de datos cuando, por ejemplo, se realizan estudios de corte transversal a nivel de países. Sin embargo, en economías distorsionadas por el efecto de tasas impositivas y/o subsidios a la financiación de capital (maquinaria), la estimación de la PTF podría capturar un efecto de reasignación de recursos así como de la tecnología. Esto podrá generar diferencias sustanciales en la productividad estimada bajo los enfoques dual y primal. En lo que sigue, se centra la discusión en torno a la reasignación factorial que se presenta y las implicaciones que esto trae en la medición de la PTF.

Supongamos que las unidades productivas no favorecidas por una política de subsidios y/o incentivos tributarios operan bajo condiciones de competencia perfecta, pero las unidades productivas favorecidas F establecen un margen de beneficios sobre costos $\mu > 1$ y reciben un subsidio a la compra de bienes de capital o tienen un tratamiento preferencial impositivo (exenciones tributarias), es decir, $T_{NF} > T_F$. Entonces se puede mostrar que el crecimiento de la PTF a partir del enfoque primal (Ecuación 11), estimada con datos agregados es:

$$\widehat{TFP} = \hat{y} - (1 - s_L)\hat{k} - s_L\hat{l} = \hat{g} + s_\pi(\hat{x}_F - \hat{k}) + \sum K \quad (16)$$

En donde $\hat{x}_F = \alpha_F\hat{k}_F + (1 - \alpha_F)\hat{l}_F$ es el crecimiento de los factores productivos ponderados por la participación de los costos en el sector favorecido, y $s_\pi(\hat{x}_F - \hat{k})$ refleja el efecto neto de los dos canales a través de los cuales el margen de beneficios sobre costos (*mark up*) afecta el crecimiento de la PTF.

En primer lugar, bajo la presencia del *mark up*, la elasticidad de la producción con respecto a los insumos en el sector favorecido excede la participación en los ingresos (Ecuación 3). Por consiguiente, esa estimación no contabilizaría plenamente la contribución productiva de los insumos favorecidos por la política de subsidios o que tienen tratamiento impositivo preferencial, es decir, el término $s_{\pi} \hat{x}_F$ podría estar subestimado. En segundo lugar, en la Ecuación 11 la expresión $(1 - s_L) \hat{k} = (s_{\pi} + s_k) \hat{k}$, y la fracción $s_{\pi} \hat{k}$ no reflejara el producto marginal del capital. El último término de la Ecuación 16 se conoce como “término de reasignación del factor de capital” y se define de la siguiente manera:

$$\sum K = \frac{K_F}{K} \frac{K_U}{K} \frac{RK}{PY} \left(\frac{R_F - R_U}{R} \right) (\hat{k}_F - \hat{k}_U) \quad (17)$$

El término $\sum K$ mide la reasignación del factor capital hacia sectores con un mayor costo de uso del capital, lo que podría incrementar la estimación de la PTF con relación al crecimiento de la tecnología. Si el resto de factores se mantienen constantes, un mayor costo de uso del capital implica un valor más alto del producto marginal del capital. En síntesis, trasladar el stock de capital hacia sectores con la tasa de ganancia más alta implicaría un nivel de producto más alto y por consiguiente, un mayor crecimiento de la productividad (ver, por ejemplo, Solow, 2015; y Karabarbounis y Neiman, 2013).

IV. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA EN EL SECTOR AGROPECUARIO

En esta sección se describen brevemente algunos mecanismos de apoyo al sector agropecuario utilizados tradicionalmente por el gobierno, tales como algunas subvenciones a la compra de maquinaria agrícola, aranceles a la importación de bienes de capital y exenciones tributarias, que se podrían constituir en factores distorsionantes del mercado y que podrían tener fuertes implicaciones en la medición de la PTF del sector agropecuario colombiano.

A través del tiempo la política agropecuaria en Colombia ha buscado el fortalecimiento del sector con el fin de incentivar proyectos productivos rentables, competitivos y generadores de empleo y propiciar la riqueza en las zonas rurales. Para alcanzar los diferentes objetivos de política en el sector, el gobierno aplica una serie de instrumentos encaminados a apoyar las transformaciones que este

necesite, y a apoyar a algunos sectores vulnerables a los cambios ocurridos en el entorno internacional. Según el DNP, cerca del 75% del presupuesto del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) se dirige a alcanzar estos objetivos, lo que equivale a aproximadamente 2,3% del PIB agropecuario y 0,3% del PIB nacional de 2007. La agricultura colombiana se ha constituido, entonces, en un sector relevante para la economía que utiliza casi la mitad de la superficie del país y que emplea gran parte de la mano de obra de las zonas rurales. Por tal motivo, se reconoce la importancia de implementar instrumentos de política que impulsen su desarrollo. Cano, *et al.* (2016), por ejemplo, afirman que el sector es de vital importancia para el desarrollo económico social del país, y como tal, se deben realizar diagnósticos rigurosos relacionados con el funcionamiento del mismo, con el fin de diseñar estrategias de política encaminadas a dar solución a los problemas que enfrenta y que restringen el desarrollo rural colombiano.

A. Exenciones tributarias

Las exenciones tributarias son un instrumento de incentivo y compensación, creado bajo la Ley 939 de 2004 y reglamentado bajo el Decreto 1970 de 2005. Su objetivo es permitir que los ingresos de los productores, obtenidos a partir de nuevas plantaciones de cultivos de tardío rendimiento, no sean gravados por el Estado. Existen para ello dos condiciones: 1) que los agricultores interesados siembren las nuevas plantaciones durante los 10 años siguientes a la emisión de esta ley; y 2) que éstas sean de palma de aceite, caucho, cacao, cítricos o frutales.

Las exenciones tributarias son reconocidas a las personas que presenten ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) y en cada año gravable, el registro de las nuevas plantaciones expedido por el MADR, certificado de libertad del predio, el certificado que corrobore que la contabilidad de los ingresos obtenidos por las nuevas plantaciones es llevado independientemente a la del resto de ingresos y el certificado de los ingresos obtenidos por las nuevas plantaciones. Además, los interesados deben entregar anualmente al MADR un informe en el que se reporte el estado, la productividad, los empleos generados, los estados financieros y los impactos ambientales del cultivo, cuando los haya.

Además de las exenciones tributarias concedidas a los inversionistas de nuevas plantaciones de cultivos de tardío rendimiento, éstas también son concedidas a los de nuevas plantaciones forestales. La Ley 812 de 2003 establece que, en este

caso particular, las exenciones tributarias serán el mínimo monto entre el 20% del impuesto de renta y el 30% de la inversión realizada para sembrar la nueva plantación forestal. Desde finales de los noventa, el conflicto armado y los cultivos ilícitos eran algunas de las principales causas del deterioro de la productividad y la competitividad rural, de los procesos de descomposición social basados en la ilegalidad, de la inseguridad, de la violencia y del debilitamiento de las instituciones regionales.

Asimismo, durante los noventa, el crecimiento de los cultivos ilícitos había deforestado cerca de 2,2 millones de hectáreas. Para solucionar esto, una de las estrategias del Gobierno Nacional fue impulsar la sustitución voluntaria de cultivos ilícitos —a partir de subsidios— por proyectos que fomentaran el desarrollo forestal, la restauración de los bosques y los servicios ambientales. El Gobierno Nacional era consciente de que explotar las ventajas comparativas del sector forestal del país era una de sus mejores estrategias para fortalecer la estructura regional y generar ingresos estables para las sociedades campesinas. Sin embargo, reconocía la necesidad de facilitarle financiamiento, asistencia técnica y ayuda en el mercado y comercialización de los productos a los agricultores interesados.

B. Incentivo a la capitalización rural

El Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) es un instrumento de inversión y financiación, creado por el gobierno bajo la Ley 101 de 1993 y reglamentado por el Decreto 626 de 1994. De acuerdo con el Fondo Financiero Agropecuario (FINAGRO), su objetivo es financiar la ejecución de productos enfocados a modernizar su actividad y a mejorar su productividad, competitividad y sostenibilidad.

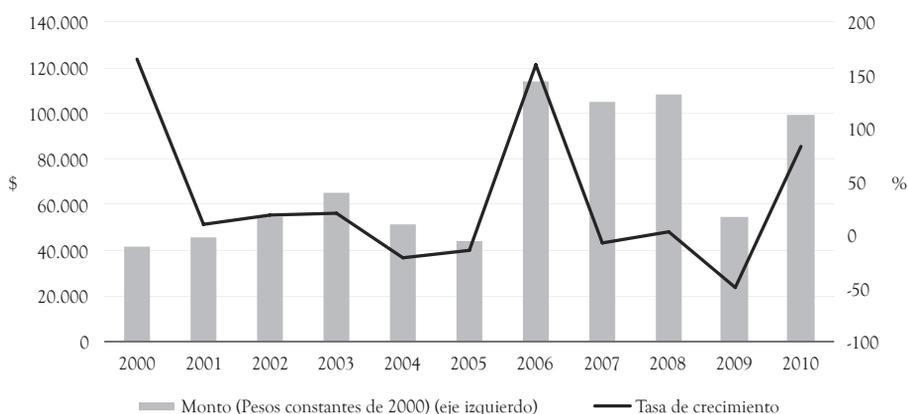
El ICR es un incentivo monetario dado por el gobierno nacional, a través de FINAGRO, para subsidiar una porción de la deuda crediticia, adquirida por los agricultores, para invertir en proyectos de adecuación de tierras, biotecnología, plantación, sostenimiento y renovación de cultivos permanentes, suministro y manejo de agua, compra de maquinaria agrícola, infraestructura de producción y ganado bovino y de comercialización de productos agropecuarios. A pesar de ser un incentivo dado a todos los agricultores, el monto subsidiado y condonado de la deuda depende del tamaño del agricultor. Mientras para los pequeños es del 40% sobre el valor de la inversión financiada por medio de un crédito, para los medianos y grandes es del 20%.

Para poder ser beneficiario de este incentivo, el interesado debe demostrar su relación de propiedad con la tierra en la que se realizará el proyecto. Además, las inversiones (como mínimo en un 10%) deben estar financiadas con un crédito redescotado por FINAGRO, no deben contar con otros subsidios dados por el Estado, estar planeadas a finalizarse luego de la fecha estimada de finalización del crédito adquirido con FINAGRO, haber sido comenzadas dentro de los 180 días previos a la adquisición de créditos o redescuento del mismo y estar soportadas por facturas o contratos. FINAGRO analiza las solicitudes y comunica quienes serán beneficiados con el ICR y el monto por recibir. El monto condonado por FINAGRO, además de incluir el cobro de los intereses sobre el capital condonado, no superará los 1.500 Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes (SMMLV) al día del redescuento del crédito.

Según cifras de la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), entre 2000 y 2011 la tasa de crecimiento promedio del monto del crédito otorgado para la compra de maquinaria y equipo agrícola fue del 16,7% (Gráfico 1). Sin embargo, a pesar del creciente flujo de recursos financieros destinados al sector agropecuario colombiano, el acceso a los mismos aún sigue siendo limitado, especialmente para productores municipales pequeños. Al respecto, Gutiérrez y Marín (2016) encuentran

GRÁFICO 1

Colombia: Valor del crédito de maquinarias y equipos en el sector agropecuario, 2000 – 2010



Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC).

a partir de la estimación de un modelo lineal generalizado (MLG) que un aumento en la desigualdad del municipio incrementa los montos de créditos tanto de Agro Ingreso Seguro (AIS) como del programa Desarrollo Rural con Equidad (DRE). Así mismo, Estrada, *et al.* (2016) analizan las inversiones obligatorias y los créditos agropecuarios en Colombia y afirman que en el sector aún subsisten restricciones de crédito. Los establecimientos financieros tienen el incentivo a hacer préstamos debido a que disminuyen las compras de títulos de inversión obligatoria y a que tienen acceso a fondos de redescuento para operaciones de crédito a un costo competitivo. Sin embargo, los autores no encuentran evidencia relacionada con el un aumento de los créditos a pequeños productores.

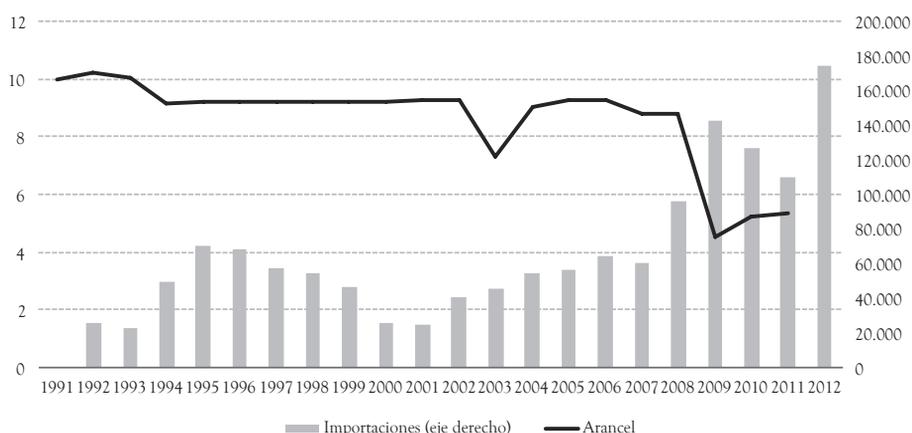
C. Tratamiento preferencial arancelario

Tradicionalmente el gobierno colombiano ha aplicado una serie de estrategias para apoyar la competitividad del aparato productivo. Estos buscan incentivar de forma gradual la capacidad competitiva de los empresarios locales con el fin de generar empleo, mediante la reducción de los costos y la transformación del mercado local en un mercado más abierto a la competencia internacional. Una de estas estrategias es la denominada Reforma Estructural Arancelaria (REA) iniciada en 2010. Esta reforma tuvo como objetivos específicos: 1) la reducción de las tarifas a la importación de materias primas y bienes de capital necesarios para la producción nacional; 2) la simplificación de la estructura arancelaria; y 3) reducir la protección efectiva negativa en algunas ramas de la producción nacional, evitando impactos significativos en el ingreso fiscal de la nación.

En torno a la importación de materias primas y bienes de capital, la REA contempló modificar los aranceles y establecerlos en un nivel de 2% para los bienes de capital y de 8% para los de las materias primas. Esto implicó que los aranceles a los bienes de capital disminuyeran y los de las materias primas se ajustaran marginalmente hacia arriba y abajo. En efecto, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, entre 2006 y 2009 se importaron más de 9,2 millones de unidades de equipos y maquinaria agrícola, por un valor cercano a los USD \$918 millones, entre los que se destacó la importación de *bulldozers* y otros tipos de topadoras que participaron con el 46% del valor importado, seguido de tractores (25%), máquinas y aparatos para cosechar o trillar (7,3%) y otras máquinas y aparatos para la agricultura, horticultura, silvicultura o avicultura (7,1%).

De acuerdo con información del Departamento Nacional de Planeación (DNP), entre 1974 y 2012 los niveles promedio del arancel nominal para la importación de maquinaria y equipo en el sector agropecuario han descendido de manera gradual. En efecto, el arancel nominal promedio entre 1974 y 1979 fue de 19,03%, entre 1980 y 1990 fue de 10,96%, entre 1991 y 1999 fue de 9%, y entre 2000 y 2012, 8,05%. Según estas cifras, se espera que la demanda por importaciones de maquinaria y equipo en el sector hubiera aumentado. El Gráfico 2, muestra la relación entre la demanda por importaciones de maquinaria y los aranceles para el periodo 1991 - 2012. Allí se observa una leve relación negativa entre las importaciones y los aranceles, sobre todo a final de período.⁶ Sin embargo, el aumento

GRÁFICO 2
Colombia: Valor CIF (USD\$) de importaciones de bienes de capital y aranceles en el sector agropecuario, 1991 - 2012



Nota: Coeficiente de correlación: -0.4996 (estadísticamente significativo y diferente de cero al 5%).

Fuentes: Elaboración propia con base en cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), y Departamento Nacional de Planeación (DNP).

⁶ El coeficiente de correlación estimado entre estas dos variables fue de -0,50 y es estadísticamente significativo al 5% de significancia. Es importante resaltar, que la correlación no implica causalidad, y además la existencia de correlación entre dos variables podría ser explicada por la dependencia a una tercera.

en la demanda por importaciones de bienes de capital no solamente responde a incentivos arancelarios sino también a toda una gama de instrumentos de política, dentro de los cuales se destacan las exenciones tributarias, el ICR, y otros que ya han sido descritos con anterioridad.

V. DATOS Y RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

Los datos usados en la estimación provienen de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que periódicamente publica datos sobre producción agrícola y ganadera, indicadores de áreas cultivadas, pasturas en ganadería, mano de obra utilizada en actividades agrícolas, fertilizantes, semillas, tractores y combinadas, y stock de animales vivos en ganadería.

A. Enfoque dual para estimar la PTF

El enfoque dual para la estimación de la PTF está fundamentado en la igualdad entre el producto y el ingreso generado por los factores productivos (Dias Avila, *et al.*, 2010; Barro y Sala-i-Martin, 2004; Hsieh, 2002). Además, en la estimación se asume que las participaciones de los factores productivos en el producto son constantes y permiten que existan variaciones en el precio de los factores, antes que de las cantidades. En el Anexo 1 se encuentra la descripción completa de la metodología adoptada para la estimación de la productividad.

Dado que la producción agrícola se encuentra afectada por el clima, antes de realizar las estimaciones se utilizó un promedio móvil de tres años para cada uno de los índices de producción y luego se estimaron las tasas de crecimiento tendencial de los índices de producción por décadas y para la muestra total. Para ello, se estima una ecuación a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios para el logaritmo de la producción:

$$\ln(q) = \alpha + \beta t + u_t \quad (18)$$

El coeficiente estimado, β , es la tasa de crecimiento geométrico del índice de producción industrial.

El segundo paso para estimar la PTF dual, consiste en estimar las tasas de crecimiento de los factores productivos. Para los insumos de producción se utilizó el mismo procedimiento similar al del crecimiento de la producción. La información de la FAO reporta series para la actividad agrícola de diferentes productos sobre tierra o área sembrada, pasturas, población económicamente activa como *proxy* de empleo y fertilizantes. Para el factor de fuerza animal, se tienen series sobre el total de caballos y mulas. Igualmente, se tienen series para los servicios de maquinaria, tractores y combinadas. La serie del stock de capital construida por la FAO se desagrega en stock de capital bruto y neto y se encuentra en millones de dólares, que se convirtieron a pesos multiplicando por la tasa representativa del mercado del año en cuestión.⁷ También está disponible información sobre el número de tractores utilizados en el sector agrícola, así como el uso de fertilizantes en las actividades agropecuarias.

El tercer paso consiste en estimar un indicador del peso relativo de cada insumo productivo en el total de costos de producción. Para tal efecto, se utilizaron diferentes estructuras de costos para el sector agropecuario, que diferentes agencias públicas y privadas e investigadores han elaborado para Colombia. En especial, se utilizó el trabajo de Escobar, *et al.* (2012) en el que se construye una estructura de costos de producción de referencia para doce productos agropecuarios (arroz, maíz, papa, flores, palma, cacao, café, plátano, caña de azúcar, leche, ganado de cría y pollo).

A partir de esta metodología, fue posible obtener las participaciones agregadas de cada uno de los insumos dentro de los costos totales de producción tanto para la actividad agrícola como pecuaria, entre 1990 y 2012. Para el resto de años se utilizó una metodología econométrica que consistió en estimar las participaciones de los factores de producción a partir de una función de producción Cobb-Douglas.⁸

En el Cuadro 1 se presentan las tasas de crecimiento de la PTF dual para las actividades agrícola, pecuaria y agropecuaria (total), para el período 1961 - 2013, utilizando la Ecuación 15 (de la Sección III).

⁷ Para estimar el valor real del stock de capital se utilizó el deflactor de bienes de capital a partir del IPP producido por el DANE.

⁸ La participación de los insumos en el costo total de producción se ajustó proporcionalmente de manera que la suma de las participaciones sea igual a la unidad, tanto para la parte agrícola como para la parte pecuaria.

CUADRO 1
*Colombia: Crecimiento de la PTF agropecuaria (enfoque dual),
 1961 – 2013*

Período	Agrícola	Pecuaria	Total
1961 - 1970	1,1%	0,9%	1,8%
1971 - 1980	2,7%	0,4%	2,9%
1981 - 1990	1,5%	2,8%	2,4%
1990 - 2000	0,5%	1,6%	1,2%
2001 - 2013	2,0%	3,2%	2,4%

Contribución de los factores Productivos al Crecimiento de la PTF Total					
Periodo	Producto	Capital	Empleo	Tierra	PTF Dual
1961 - 1970	2,6%	0,1%	0,5%	0,1%	1,8%
1971 - 1980	3,5%	0,1%	0,5%	0,0%	2,9%
1981 - 1990	2,2%	0,0%	-0,2%	0,0%	2,4%
1990 - 2000	1,3%	0,1%	0,3%	-0,2%	1,2%
2001 - 2013	2,5%	0,2%	-0,2%	0,0%	2,4%

Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de FAO y Escobar, *et al.* (2012).

La tendencia de la tasa de crecimiento promedio de la PTF total es creciente. La contribución del crecimiento de los factores productivos al crecimiento del producto ha estado explicado principalmente por el progreso tecnológico en el sector. En efecto, el aporte promedio del crecimiento del progreso tecnológico para el período 1961 – 2013 fue de 3,5%, el aporte del crecimiento del stock de capital fue 0,1% y el del factor trabajo fue de 0,2%, contribuciones que se han mantenido relativamente constantes en el tiempo. El Cuadro 1 destaca, además, que la tasa más alta de crecimiento del progreso tecnológico se presentó durante el período 1971 – 1980. Los resultados son consistentes con estimaciones previas realizadas para el sector agropecuario colombiano. Por ejemplo, Chaves (2017) encuentra que el crecimiento de la TFP fue de 2,24% entre 1990 y 2000 y de 2,52% entre 2000 y 2012. Así mismo, Kalmanovitz y Lopez (2006) y el Grupo de Estudios del

Crecimiento Económico (GRECO) (2002) han encontrado que el crecimiento del PIB agropecuario durante el período 1980 - 2000, se debe en gran parte al crecimiento de la TFP, más que a la expansión del producto por trabajador.

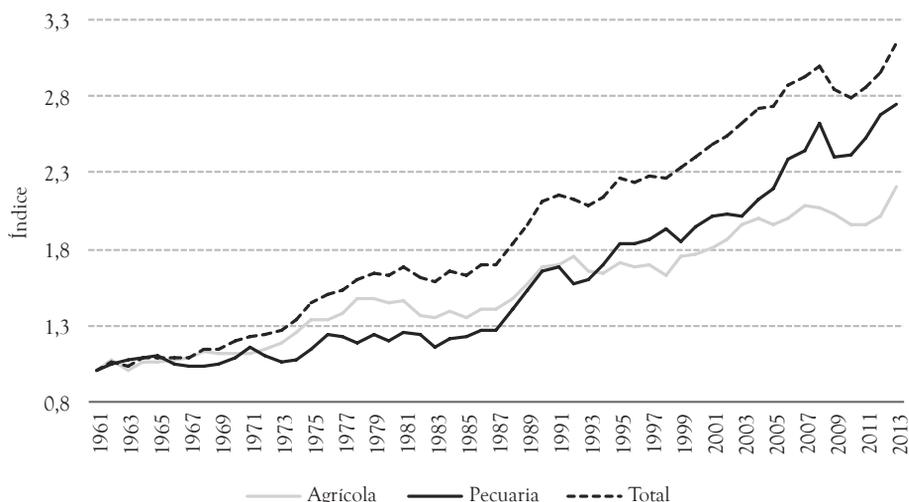
La fuerte dinámica de la PTF del sector, podría reflejar la noción de los teóricos del crecimiento, desde por lo menos de la década del 50, que han visualizado el desarrollo como un proceso de transformación progresiva: economías basadas principalmente en sectores tradicionales —como la agricultura—, evolucionan o transitan hacia economías dominadas por sectores modernos como la industria.⁹ Este proceso de transformación es inducido por ganancias en la productividad agrícola, que a su vez estimula el aumento en el número de trabajadores en el sector para luego migrar a sectores como el industrial, donde la productividad podría ser más alta. Al parecer las tasas de crecimiento de la PTF en la agricultura reflejan una serie de transformaciones al interior del sector, que se manifiestan en un mayor crecimiento de la PTF de la actividad agrícola en comparación con la pecuaria.

A partir del crecimiento de la PTF dual para el sector agropecuario, se construyó un índice de PTF que toma como base el año 1962. Este índice permite ver la evolución de la productividad del sector a lo largo del período de análisis. El Gráfico 3 muestra un aumento sostenido en el tiempo en los índices de PTF para las actividades pecuaria, agrícola y total, y refleja en parte que la productividad del sector históricamente ha sido importante y que ha jugado un papel relevante en el proceso de industrialización y desarrollo. Según Timmer (2000), la productividad del sector agrícola mejora el crecimiento económico a través de varios canales de transmisión, incluyendo el estímulo a la demanda adicional de bienes y servicios producidos por fuera del sector agrícola. Así mismo, el aumento de la productividad incrementa los ingresos de la agricultura y se estimula el ahorro en el sector, que puede ser invertido tanto en su interior como en otros sectores. Así, se accede a la migración de la mano de obra hacia el sector industrial al tiempo que se convierte en un proveedor de alimentos del sector urbano y de materias primas para apoyar el nivel de actividad industrial.

Este fenómeno típico del proceso de desarrollo de las economías implica transformaciones estructurales entre sectores y al interior de la misma agricultura. Colombia experimentó este fenómeno a comienzos de la década de 1970, cuando se estableció una estrategia de desarrollo basada en la definición de sectores líderes

⁹ Ver por ejemplo Lewis (1954) y para un análisis más moderno Rodryk (2011).

GRÁFICO 3
 Colombia: Productividad total de los factores en el sector agropecuario
 (enfoque dual), 1961 – 2013



Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de FAO y Perfetti, *et al.* (2013).

como la construcción, que tenían la capacidad de absorber mano de obra barata en el sector urbano que compensaba los flujos migratorios campo-ciudad (ver, por ejemplo, Currie, 1974).

Este fuerte crecimiento y mejora continua de la productividad en el sector en Colombia no se dio de manera aislada. Según Pagés-Serra (2010) América Latina y el Caribe experimentó la tasa más alta de crecimiento en la productividad agrícola comparada con otras regiones del mundo, excepto China y las economías en transición, al registrar un crecimiento de 0,8% promedio anual entre 1961 y 2007. Las ganancias de productividad en el sector agrícola en América Latina están asociadas a los choques tecnológicos relacionados con la aplicación de productos genéticamente modificados (CGM) que son resistentes a los herbicidas o el uso de los sistemas de posición global (GPS) en la fertilización y las cosechas. A pesar de que estos choques tecnológicos afectaron de manera más importante a los países desarrollados, no se debe desconocer los importantes efectos de derramamiento o *spillovers* sobre las economías en desarrollo (Ludeña, 2010).

Para Colombia como tendencia general, se observa una mejora sostenida en la PTF, que podría estar asociada con una alta disponibilidad de tierras que han mejorado su desempeño comparativamente con aquellos países que presentan limitaciones en este factor. Los países abundantes en tierra (definidos como los que presentan 12 o más hectáreas por trabajador) tienen una alta posibilidad de experimentar altas tasas de crecimiento en la productividad. En Colombia la falta de dotación de tierras no es un problema, sí lo es su bajo uso. Una posible causa es el efecto ocasionado por el desplazamiento campo-ciudad provocado por el conflicto, la violencia y otros temas relevantes que están por fuera de los objetivos de este trabajo.

El comportamiento de la PTF agropecuaria no ha sido siempre positivo. A lo largo de la primera mitad de la década de 1980 experimentó un claro decrecimiento (Gráfico 3). Este fue un fenómeno experimentado por la mayoría de países de América Latina en este período, al que se denominó la “década perdida”.

B. Enfoque primal para estimar la PTF

El crecimiento de la PTF agregada para el sector a partir del enfoque primal se realizó utilizando la Ecuación 11 de la Sección III:

$$\widehat{TFP}_{Primal,i} \equiv \hat{y}_i - (1 - s_{L_i})\hat{k}_i - s_{L_i}\hat{l}_i \quad (19)$$

Esta expresión permite estimar la productividad a partir de las participaciones de los ingresos generados por el factor trabajo (salario) en el ingreso total, antes que las participaciones de los insumos sobre los costos, con el fin de ponderar el crecimiento del factor productivo. La estimación econométrica de cada componente consideró una función de producción Cobb-Douglas. Luego se estimó el crecimiento de la productividad como un residuo, es decir, la contribución del progreso tecnológico del sector es la diferencia entre la tasa de crecimiento observada del producto y la parte del crecimiento atribuida a la contribución de los factores productivos.

Es importante mencionar que la estimación de la PTF bajo este enfoque requiere conocer los productos marginales sociales del capital, $(1 - s_{L_i})$ y el trabajo, s_{L_i} , pero estos tradicionalmente no se pueden medir directamente. Los trabajos empíricos sobre productividad asumen que los productos marginales sociales de

los factores se pueden medir a partir de los precios observados de los factores productivos. Si los factores se remuneran por su correspondiente productividad, es posible estimar la participación de los ingresos generados por cada factor en el ingreso total. En este trabajo, se realizó una estimación de las elasticidades del producto con respecto a cada uno de los factores productivos mediante estimación recursiva por M.C.O, lo que permite que las participaciones factoriales sean variables en el tiempo. Los resultados son muy parecidos si se hacen con parámetros fijos o constantes en el tiempo. Esto significa que las participaciones de los diferentes factores en el producto son relativamente estables durante el período de análisis.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la estimación del crecimiento promedio de la PTF total del sector bajo el enfoque primal. Bajo este enfoque, la magnitud del crecimiento de la PTF es menor, si se compara con el resultado del

CUADRO 2

Colombia: Crecimiento de la PTF agropecuaria (enfoque primal), 1961 – 2013

Período	Agrícola	Pecuaria	Total
1961 - 1970	1,5%	-0,3%	1,3%
1971 - 1980	3,4%	-1,8%	2,2%
1981 - 1990	1,7%	1,5%	2,2%
1990 - 2000	0,5%	1,5%	0,8%
2001 - 2013	2,0%	2,5%	1,8%

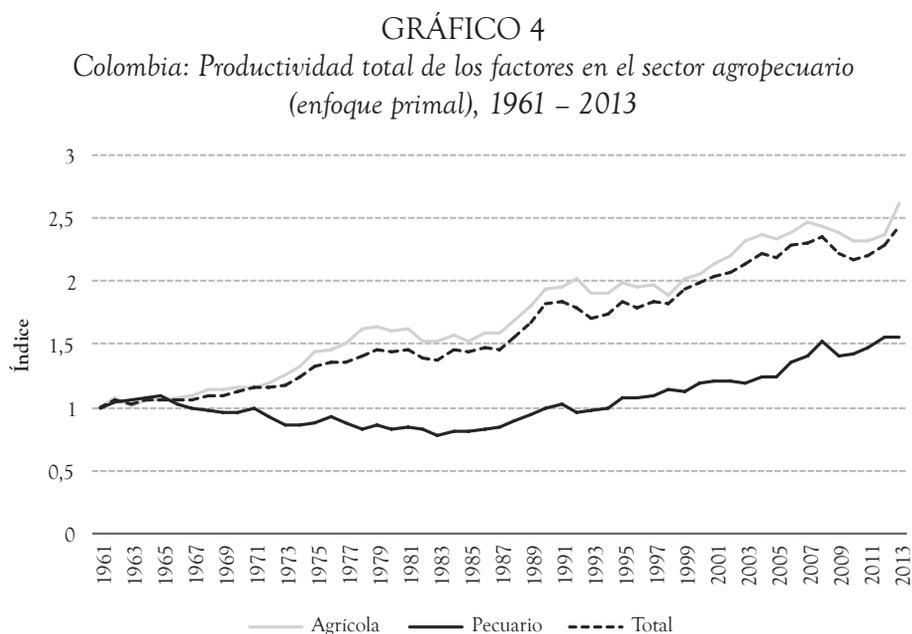
Contribución de los factores Productivos al Crecimiento de la PTF Total					
Período	Producto	Capital	Empleo	Tierra	PTF Primal
1961 - 1970	2,6%	0,0%	0,3%	1,0%	1,3%
1971 - 1980	3,5%	0,4%	0,2%	0,7%	2,2%
1981 - 1990	2,2%	0,2%	0,1%	-0,3%	2,2%
1990 - 2000	1,3%	0,5%	0,2%	-0,1%	0,8%
2001 - 2013	2,5%	0,4%	0,1%	0,2%	1,8%

Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de FAO y Perfetti, *et al.* (2013).

enfoque dual. En efecto, para el período 1961 - 1970 el crecimiento promedio fue de 1,3%, entre 1971 y 1980 fue de 2,2%, entre 1981 y 1990 fue de 0,8%, y entre 2001 y 2013, 1,8%. El crecimiento de la PTF agrícola durante el período 1961 - 2013 fue mayor que el de la pecuaria, al registrar tasas de crecimiento promedio de 1,8% y 0,7%, respectivamente. La contribución promedio del progreso tecnológico al crecimiento de la producción a lo largo del período de análisis fue de 1,6%, mientras que la contribución del stock de capital y del empleo fue de 0,3% y 0,2%, respectivamente; resultado que es similar al encontrado bajo la medición del progreso tecnológico dual en el sentido que lo que más aporta al crecimiento del sector es la PTF.

El Grafico 4 muestra que la PTF agrícola y total medida bajo el enfoque primal han evolucionado de manera similar a través del tiempo, y que la productividad del sector agrícola ha sido mayor que la de todo el sector.

Los resultados de la estimación de la productividad exponen las diferencias existentes cuando se calculan a partir de los dos enfoques. La magnitud de la PTF bajo el enfoque dual resulta ser mayor y menos volátil que la productividad estimada bajo el enfoque primal, resultado que podría estar explicado por el efecto



Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de FAO y Perfetti, et al. (2013).

de las políticas distorsionantes, como la presencia de subsidios y tratamientos tributarios preferenciales en el sector, descritos en la Sección IV. Este resultado es consistente con lo que sugiere el modelo teórico, que opera bajo un marco de contabilidad de crecimiento. También ayuda a explicar el posible efecto de la reasignación factorial al interior del sector inducido por la presencia de precios afectados de manera artificial para las unidades productivas (productos o cultivos) que son favorecidas por este tipo de políticas.

C. Efecto de las políticas distorsionantes en la PTF del sector

En la Sección III se analizaron las implicaciones de la presencia de políticas de gobierno a sectores favorecidos sobre la PTF. Específicamente, se analizó el efecto distorsionante de los subsidios y preferencias impositivas que tienen sobre los precios de los insumos y los productos, cuyo análisis se sintetiza en la Ecuación 16:

$$\widehat{TFP} = \hat{y} - (1 - s_L)\hat{k} - s_L\hat{l} = \hat{a} + s_\pi(\hat{x}_F - \hat{k}) + \sum K \quad (20)$$

El modelo teórico analizado en la Sección III supone que las unidades productivas favorecidas ejercen cierto poder de mercado, y por ende presentan un margen de beneficios sobre costos. La presencia de dicho *markup*, podría generar que la elasticidad de la producción con respecto a los insumos en el sector favorecido exceda la participación en los ingresos. Por consiguiente, esa estimación no contabilizaría plenamente la contribución productiva de los insumos favorecidos por la política de subsidios o que tienen tratamiento impositivo preferencial, es decir, el término $s_\pi \hat{x}_F$ podría estar subestimado.

El último término, $\sum K$, de la expresión se conoce como “término de reasignación del factor de capital” y mide la reasignación del factor capital hacia sectores con un mayor costo de uso del capital, lo que podría incrementar la estimación de la PTF con relación al crecimiento de la tecnología. Es decir, la reasignación factorial producto de la presencia de políticas distorsionantes explicaría las diferencias existentes de la PTF entre sectores favorecidos y no favorecidos con las políticas.

En términos empíricos, una manera indirecta de estimar el término de reasignación del factor capital es a partir de la diferencia entre las estimaciones de la PTF dual y primal, es decir, a partir de la expresión:

$$\sum K = \hat{y} - (1 - s_L)\hat{k} - s_L\hat{l} - \hat{a} - s_\pi(\hat{x}_F - \hat{k}) \quad (21)$$

El inconveniente con esta medición es que se necesita estimar la participación de los beneficios después de impuestos de las unidades favorecidas en el ingreso total, s_π , lo que implicaría contar con información sobre utilidades de todas y cada una de las unidades productivas del sector y de un amplio conjunto de información contable, que en algunas ocasiones es escaso y difícil de obtener. No obstante, se estimaron: 1) la productividad a partir de un modelo de datos de panel;¹⁰ y 2) el posible efecto de reasignación factorial a partir de un test simple de diferencia de medias y un modelo de diferencias con regresores adicionales para la PTF estimada entre los sectores favorecidos y no favorecidos.

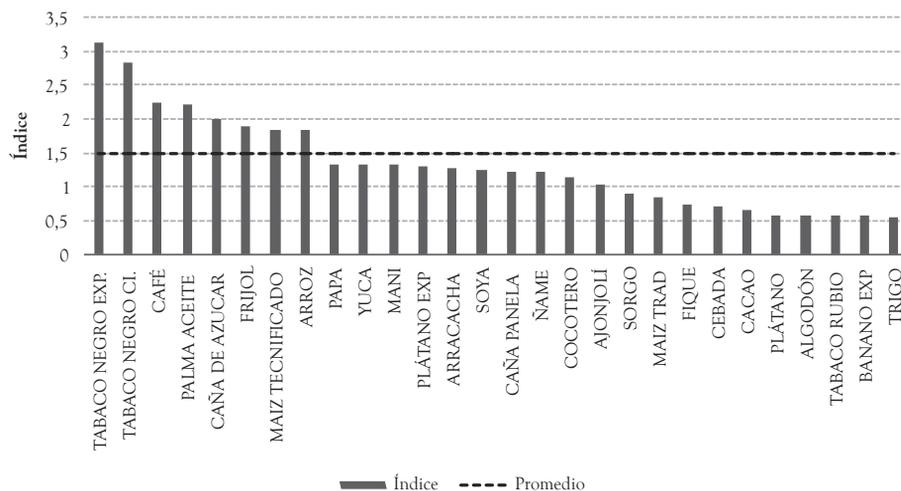
La selección de los sectores favorecidos con las políticas del gobierno en el sector se basó en la construcción de una variable binaria que toma el valor de uno si el índice de PTF estimado es mayor o igual al promedio de la PTF estimada para todos los productos en el panel de datos, como se detallará más adelante. Adicionalmente a este criterio netamente estadístico, también se acudió a diversos informes sobre la evolución de las políticas de apoyo al sector agropecuario, y en especial al trabajo de Jaramillo (2005), quien examina los instrumentos existentes para promover la actividad agropecuaria en Colombia. Jaramillo concluye —entre otras cosas— que la asignación de apoyos y/o subsidios al sector se encuentra concentrada en los grandes productores, dentro de los cuales se destacan la palma de aceite, arroz, caña de azúcar, y en el caso del sector pecuario, la ganadería en general. El criterio de selección de los sectores favorecidos mediante la construcción de la variable binaria coincide con algunos productos reportados en el informe de Jaramillo (2005), entre los que sobresale la palma de aceite, caña de azúcar, algodón, arroz y maíz.

El Gráfico 5 presenta los resultados de la estimación de la PTF por productos a partir del panel de datos. La estimación de la PTF permitió realizar una clasificación de los diferentes productos agrícolas según la técnica seleccionada por los agricultores, quienes escogen aquella combinación de insumos más rentable. La elección depende de la productividad y de los precios relativos de los insumos y de los productos.

¹⁰ A partir de la información de la FAO, Ministerio de Agricultura y DANE se construyó un panel de datos para 27 productos agropecuarios para el período 1975 – 2013.

GRÁFICO 5

Colombia: Productividad promedio de diversos bienes agrícolas, 1976 – 2013



Fuentes: Elaboración propia con base en cifras FAO, DANE y MADR.

El uso simultáneo de los insumos productivos más el efecto del capital tecnológico en el proceso productivo se encuentra estrechamente relacionado con la escala de producción. Es decir, con el volumen producido. Los productos que quedaron dentro de los 10 primeros puestos se caracterizan por el uso intensivo de insumos y porque en algunos casos realizan actividades de investigación y desarrollo.¹¹

El incremento de la producción agrícola puede explicarse por el aumento de la productividad o por una expansión en el área sembrada. El incremento en la productividad requiere un uso más intensivo de maquinaria y fertilizantes y semillas mejoradas. El Gráfico 5 muestra la clasificación de los cultivos por su productividad comparado con la productividad promedio a lo largo de los últimos 37 años. La clasificación de los cultivos por la PTF ponderada por volumen de producción refleja las condiciones tecnológicas de estos cultivos en el sector agrí-

¹¹ En el caso de la caña de azúcar que tiene un centro de investigaciones denominado CENICAÑA, al igual que la palma de aceite, que cuenta con el centro de investigaciones CENIPALMA.

cola, y las cifras disponibles muestran que los cultivos comerciales tienden a ser más intensivos en capital que los cultivos mixtos, y estos más que los tradicionales y los de plantación.

Con el fin de estimar si existen diferencias significativas entre la PTF de los sectores favorecidos y no favorecidos con la política pública en el sector agrícola, se construye una variable binaria que toma el valor de uno si la PTF del producto es mayor o igual a 1,6 y cero en caso contrario, es decir:¹²

$$d_i = \begin{cases} 1 & \text{si } PTF \geq 1.6 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad (22)$$

Ahora, si se denota PTF_{it} como la variable resultado de interés (productividad total de los factores) en el producto i y denotamos con $d_i \in \{0, 1\}$ la variable *dummy* que captura a los sectores favorecidos y no favorecidos por la política, entonces se podría estimar las diferencias en productividad entre los sectores favorecidos y no favorecidos a partir de un modelo sencillo de diferencias (Ecuación 23), que permite estimar el efecto promedio que tienen las medidas de apoyo otorgadas por el gobierno sobre la PTF.

$$PTF_{it} = \beta_0 + \beta_1 d_i + \theta X_{it} + u_{it} \quad (23)$$

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la prueba de diferencia de medias para la variable PTF durante el período 1976 - 2013. Su objetivo no es medir un efecto causal de los apoyos del gobierno sobre la productividad. Sus resultados solo indican que existe una diferencia de 3,423 puntos porcentuales entre la PTF de los productos favorecidos y aquella de los no favorecidos. Esta diferencia es estadísticamente significativa al 1%.

Es importante resaltar que los resultados aquí obtenidos no permiten concluir que los productos favorecidos por las medidas de apoyo del gobierno sean más productivos con relación a los no favorecidos. Esta prueba solo permite establecer la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las productividades. Tampoco intenta cuantificar el impacto de los apoyos sobre la productividad de los sectores favorecidos.

¹² 1,6 es el promedio de la PTF no ponderada para todos los productos y para todo el horizonte de análisis.

CUADRO 3

Colombia: Test de diferencia de medias para la PTF agrícola

Diferencia = media PTF (0) – media PTF (1)			
	Favorecidos	No favorecidos	Diferencia
PTF	3,449226	0,0262645	(3,423)***
Observaciones	37	942	

Ho: Diferencia = 0	
Ha: Diferencia < 0	P. value = 0.0000
Ha: Diferencia ≠ 0	P. value = 0.0000
Ha: Diferencia > 0	P. value = 1.0000

Nota: ***Estadísticamente significativo al 1%.

Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de FAO, DANE y MADR.

El Cuadro 4, por su parte, presenta los resultados de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios de la Ecuación 23 incorporando un conjunto de variables de control dentro de los cuales se destacan la población rural, un índice de innovación e investigación y una variable *dummy* de apertura comercial. El objetivo de incorporar variables de control en la regresión es aumentar la precisión y eficiencia en la estimación del parámetro de impacto que acompaña a la variable binaria.

Los resultados indican que, para un nivel de significancia del 1%, la política de subsidios a los sectores favorecidos implicó una diferencia promedio de 3,2032 puntos porcentuales en las PTF de los productos favorecidos por las políticas de subsidios y/o apoyos. En cuanto a los parámetros estimados que acompañan a las variables de control en la Ecuación 1, si bien los signos son los esperados, solamente la población rural resultó estadísticamente significativa y diferente de cero.

El efecto del tamaño de la población sobre la productividad recientemente ha sido estudiada por autores como Galor (2011), quien al respecto plantea diferentes hipótesis relacionadas con el papel de la productividad y el nivel de la población, en modelos de crecimiento económico estándar que incorporan supuestos demográficos ricos, derivados de la teoría malthusiana.

CUADRO 4
Resultados de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios

VARIABLES	PTF (1)	PTF (2)
d (Tratamiento)	3,2032*** (0.6938)	3,423*** (0.6424)
Población	0,012*** (0.0012)	
Innovación	1,39 (0.876)	
Dummy apertura	0,00023* (0.000098)	
Constant	134,98 (0,3768)	129,6 (0,2766)
N	979	979
R2	0,0284	0,015

Notas: (1) Errores estándares robustos entre paréntesis.

(2) *** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.1

Fuentes: Elaboración propia con base en cifras de FAO, DANE y MADR.

El efecto promedio de la política de subsidios y/o apoyos sobre la PTF de los productos favorecidos, se captura a través de la estimación del parámetro $\hat{\beta}_1$ de la Ecuación 23, a través de la diferencia del valor esperado condicionado de la PTF entre los productos favorecidos y no favorecidos por la política, es decir:

$$\hat{\beta}_1 = E[PTF_{it}/d_i = 1, X] - E[PTF_{it}/d_i = 0, X] = 3,2032 \quad (24)$$

Se puede observar que el parámetro estimado resultante es aproximadamente igual al obtenido bajo el test de diferencia de medias simple, el cual resulta ser estadísticamente significativo y diferente de cero. Por consiguiente, la evidencia empírica suministrada en este trabajo muestra diferencias significativas entre las productividades estimadas a nivel de productos, inducidas por el efecto de las políticas de subsidios y/o apoyos hacia los productos favorecidos. Es importante mencionar que la metodología adoptada en esta sección con miras a establecer

diferencias estadísticamente significativas entre las productividades de productos favorecidos y no favorecidos, no va encaminada a cuantificar el “efecto causal” de la política de subsidios del gobierno sobre el sector agropecuario.¹³ Por el contrario, se implementa con el fin de estimar la diferencia entre productividades y el posible efecto de reasignación factorial hacia el stock de capital, tal como se analizó en la Sección III del presente trabajo.

VI. COMENTARIOS FINALES

El objetivo de este trabajo es ofrecer evidencia de los efectos que las distorsiones generadas por los subsidios a factores productivos y productores favorecidos mediante tasas impositivas (aranceles) pudieran tener sobre la PTF del sector agropecuario. El esquema de contabilidad de crecimiento, el modelo teórico de equilibrio parcial, y la incorporación de subsidios y de cierto grado de competencia imperfecta en el sector, permitieron encontrar dichas implicaciones, bajo los enfoques dual y primal.

En efecto, la presencia de efectos distorsionantes sobre precios de los factores y productos, inducidos por las políticas de subsidios o de tasas impositivas preferenciales hacia algunos sectores favorecidos, implica —cualitativamente— la existencia de un fenómeno de reasignación de recursos.

La tasa de crecimiento promedio de la PTF total obtenida bajo el enfoque dual, para el período 1961 - 2013 fue de 2,1%, la PTF del sector pecuario 1,8% y el crecimiento de la PTF agrícola fue de 1,6%. Por su parte, los resultados de la estimación bajo el enfoque primal, muestran para este mismo período que el crecimiento promedio de la PTF total del sector fue menor al registrar un crecimiento de 1,6%, 1,8% para el sector agrícola y de 0,7% para el sector pecuario. La contribución del progreso tecnológico al crecimiento total del sector fue significativa en este período y fue muy superior a la contribución de los factores productivos.

La estimación del posible efecto de reasignación factorial muestra que existen diferencias significativas entre la PTF de los productos favorecidos y no favorecidos

¹³ En el argot de la evaluación de impacto de la política políticas públicas el término “efecto causal” hace referencia a encontrar evidencia empírica relacionada con la estimación del impacto de una medida de política sobre una variable de resultado específica. Tradicionalmente, el efecto causal se recoge en la estimación de parámetros (estimadores) que se caracterizan por ser insesgados, eficientes y consistentes, los cuales se pueden obtener a través de métodos de estimación como el de Variable Instrumental.

con las políticas de subsidios y/o apoyos otorgada por el gobierno. Los resultados del test de diferencia de medias muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa al 1% de significancia. Por su parte, los resultados obtenidos mediante la estimación de un modelo de diferencias que incorpora un vector de variables de control muestran que aquellos productos que reciben subsidios son más productivos, sin que esto implique un efecto causal de las políticas aplicadas por el gobierno sobre la PTF.

La metodología adoptada para estimar las diferencias significativas de la productividad entre productos favorecidos y no favorecidos, sin embargo, no permite cuantificar un “efecto causal” de la política de subsidios del gobierno sobre el sector agropecuario. Esto se constituye en una limitante del presente trabajo. En una agenda futura de investigación, se podría contemplar la estimación del impacto de las políticas públicas que intentan estimular la innovación y el desarrollo del sector agropecuario colombiano.

En torno al diseño de las estrategias para impulsar el desarrollo del sector, se debería asignar los recursos de presupuesto en aquellos proyectos del sector que presenten la tasa de retorno más alta, y no a través de la presión de grupos de poder con los que el gobierno haya adquirido compromisos. Así mismo, sería ideal pensar en algunas medidas de política de distribución de ingresos que afecten las participaciones de los ingresos de salarios y beneficios, con el fin de reducir el sesgo distorsionante en la productividad del sector agropecuario, sin embargo, esto ameritaría la realización de análisis encaminados a estimar el impacto redistributivo de este tipo de políticas.

REFERENCIAS

- Banerjee, Abhijit V., and Benjamin Moll (2010), “Why Does Misallocation Persist?”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 2, No. 1.
- Barro, Robert, and Xavier Sala-i-Martin (2004), *Economic Growth*, 2nd ed., Cambridge and London: MIT.
- Cano, Carlos Gustavo, Ana María Iregui, María Teresa Ramírez, y Ana María Tribín (editores) (2016), *El desarrollo equitativo, competitivo y sostenible del sector agropecuario en Colombia*, Bogotá: Banco de la República.
- Chaves, Álvaro (2017), Análisis de los ciclos del producto interno bruto agropecuario colombiano, 1976 - 2013, *Apuntes del CENES*, Vol. 36, No. 63.

- Congreso de Colombia (1993), Ley 101, diciembre 23, “Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero”, [Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0101_1993.html].
- Congreso de Colombia (2003), Ley 812, junio 26, “Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006, hacia un Estado comunitario”, [Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8795>].
- Congreso de Colombia (2004), Ley 939, diciembre 31, “Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diesel y se dictan otras disposiciones”, [Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15594>].
- Currie, Lauchlin (1974), “The “Leading Sector” Model of Growth in Developing Countries”, *Journal of Economic Studies*, Vol. 1, No. 1.
- Días, Antonio, and Robert Evenson (2010), “Total Factor Productivity Growth in Agriculture: The Role of Technological Capital”, *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 4.
- Días, Antonio, Luis Romano, and Fernando Garagorry (2010), “Agricultural Productivity in Latin America and the Caribbean and Sources of Growth”, *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 4.
- Escobar, Diego, Felipe Castro, Beatriz Cuervo, Maritza Rodríguez, José Ignacio Vargas (2012), *Costos de producción de doce productos agropecuarios*, FEDESARROLLO.
- Estrada, Dairo, Santiago Tobón, y Paula Zuleta (2016), “La inversión obligatoria y el crédito agropecuario en Colombia”, en Carlos Gustavo Cano, Ana María Iregui, María Teresa Ramírez, y Ana María Tribín (editores) (2016), *El desarrollo equitativo, competitivo y sostenible del sector agropecuario en Colombia*, Bogotá: Banco de la República.
- Fernald, John (2014), “A Quarterly, Utilization-Adjusted Series on Total Factor Productivity”, *Working Papers Series*, No. 2012-19, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Fernald, John, and Brent Neiman (2010), “Growth accounting with misallocation: Or, doing less with more in Singapore”, *Working Paper Series*, No. 2010-18, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Galor, Oded (2011), *Unified Growth Theory*, Princeton: Princeton University Press.
- Grupo de Estudios del Crecimiento Económico (GRECO) (2002), *El crecimiento económico colombiano en el siglo XX*, Bogotá: Banco de la República.

- Gutiérrez, Francisco, y Margarita Marín (2016), “¿Hay una economía política en la concesión de créditos agrarios?”, en Carlos Gustavo Cano, Ana María Iregui, María Teresa Ramírez, y Ana María Tribín (editores) (2016), *El desarrollo equitativo, competitivo y sostenible del sector agropecuario en Colombia*, Bogotá: Banco de la República.
- Hall, Robert E. (1990), “Invariance Properties of Solow’s Productivity Residual”, in Peter A. Diamond (editor), *Growth, Productivity, Unemployment: Essays to celebrate Bob Solow’s birthday*, Cambridge: MIT Press.
- Hsieh, Chang-Tai (2002), “What Explains the Industrial Revolution in East Asia? Evidence from the Factor Markets”, *The American Economic Review*, Vol. 92, No. 3.
- Hsieh, Chang-Tai, and Peter J. Klenow (2010), “Misallocation and Manufacturing TFP in China and India”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 124, No. 4.
- Jaramillo Cristian (2005), *Informe final sobre evaluación de los instrumentos de política del sector agropecuario colombiano*, Departamento Nacional de Planeación.
- Kalmanovitz, Salomón, y Enrique López (2006), *La agricultura colombiana en el siglo XX*, Bogotá: Banco de la República.
- Karabarbounis, Loukas, and Brent Neiman (2013), “The Global Decline of the Labor Share”, *NBER Working Paper*, No. 19136, National Bureau of Economic Research.
- Lewis, W. Arthur, (1954), “Economic Development with Unlimited Supplies of Labor”, *The Manchester School*, Vol. 22, No. 2.
- Ludeña, Carlos (2010), “Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean”, *IDB Working Paper Series*, No. IDB-WP-186, Inter-American Development Bank.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2015), *Revisión de la OCDE de las Políticas Agrícolas: Colombia 2015. Evaluación y Recomendaciones de Política*, [Disponible en: <http://docplayer.es/16483260-Revisión-de-la-ocde-de-las-políticas-agricolas-colombia-2015-evaluación-y-recomendaciones-de-política.html>].
- Pagés-Serra, Carmen (editor) (2010), *The Age of Productivity: Transforming Economies from the Bottom Up*, New York and Washington: Palgrave Macmillan and Inter-American Development Bank.
- Perfetti, Juan José, Álvaro Balcazar, Antonio Hernández y José Leibovich (2013), *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*, Bogotá: Fedesarrollo y Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC).

- Presidente de la República (1994), Decreto 626, marzo 22, “Por el cual se reglamenta la Ley 101 de 1993 y se dictan algunas disposiciones sobre el Incentivo a la Capitalización Rural”, [Disponible en: <http://suin-juriscol.gov.co/view-Document.asp?id=1134196>].
- Presidente de la República (2005), Decreto 1970, junio 15, “Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 939 de 2004”, [Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/CULTIVOS-DE-TARDIO-RENDIMIENTO.aspx>].
- Rodrik, Dani (2011), *Una economía, muchas recetas. La globalización, las instituciones y el crecimiento económico*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Restuccia, Diego, and Richard Rogerson (2007), “Policy Distortions and Aggregate Productivity with Heterogeneous Plants”, *NBER Working Paper*, No. 13018, National Bureau of Economic Research.
- Solow, Robert M (2015), “The Future of Work: Why Wages Aren’t Keeping Up”, *Pacific Standard*, august 11th, [Available at: <https://psmag.com/the-future-of-work-why-wages-aren-t-keeping-up-6fcfac468e4#.vlch53m95>].
- Timmer, C. Peter (2000), “The Macro Dimensions of Food Security: Economic Growth, Equitable Distribution, and Food Price Stability”, *Food Policy*, Vol. 25, No. 3.

ANEXOS

ANEXO 1

Estimación de la PTF Dual

La relación contable para estimar la PTF se puede expresar de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n p_i q_i = \sum_{j=1}^n r_j i_j, \quad PQ = RI \quad (A1)$$

En donde p_i es el precio del producto, q_i las cantidades producidas, r_j es el precio del factor productivo y i_j es la cantidad de insumos utilizados en cada cultivo. Así mismo, P y R son los vectores de precios de los productos e insumos, y Q e I son los vectores de cantidades de producción e insumos, respectivamente.

Esta relación contable requiere simplemente que los insumos, i_j , reciban las correspondientes remuneraciones, r_j , con el fin de garantizar que el valor de la producción total ($\sum p_i q_i$) se agote, es decir, teóricamente se debería presentar el teorema de Euler en la producción agrícola.

Al expresar la Ecuación A1 en términos de tasas de crecimiento, la expresión resultante se puede escribir de la siguiente manera:

$$\sum_i q_i \frac{\partial p_i}{\partial t} dt + \sum_i p_i \frac{\partial q_i}{\partial t} dt = \sum_j i_j \frac{\partial r_j}{\partial t} dt + \sum_j r_j \frac{\partial i_j}{\partial t} dt \quad (A2)$$

Al dividir ambos lados de la Ecuación A2 por el término $\sum p_i q_i$ y multiplicar los dos términos del lado derecho por r_j/r_j y i_j/i_j . Note que $\frac{i_j r_j}{\sum i_j r_j} = C_j$ es la participación de cada factor productivo j en el costo total. Al definir la tasa de crecimiento de cada variable como:

$$\hat{x}_j = \frac{1}{x_j} \frac{\partial x_j}{\partial t} dt$$

Se puede reescribir la Ecuación A2 para obtener una expresión cuando la PTF es constante, la cual presenta la siguiente forma:

$$\hat{P} + \hat{Q} = \sum_j C_j \hat{R} + \sum_j C_j \hat{I} = \hat{R} + \hat{I} \quad (A3)$$

El crecimiento residual de la PTF se puede medir de dos formas equivalentes en una economía cerrada y en equilibrio competitivo, al restar el término $(\hat{I} + \hat{P})$ a ambos lados de la igualdad (A3), así:

$$G_{PTF} = \hat{R} - \hat{P} = \hat{Q} - \hat{I} \quad (A4)$$

La Ecuación A4 es una condición de equilibrio que descansa sobre el supuesto de competencia perfecta, y es relevante ya que, por ejemplo, según (14) una caída en el precio de los bienes finales, todo lo demás constante, se reflejaría en un aumento en la productividad, pero en un mundo de competencia las ganancias en productividad se trasladan a los consumidores finales a través de precios más bajos.

$$G_{PTF} = \hat{Q} - \hat{I} \quad (A5)$$

Ahora, con comercio internacional, la Ecuación A5 implica que la relación $\hat{Q} - \hat{I}$ se mantiene en todas las economías. Note que:

$$\hat{Q} = \sum_i S_i \hat{Q}_i \quad (A6)$$

donde S_i es la participación del producto i en el total de la producción, y

$$\hat{I} = \sum_i C_i \hat{I}_i \quad (A7)$$

En donde C_i es la participación del costo del insumo j en el costo total. Esta relación también se puede obtener a partir de un problema de minimización de costos, en donde G_{PTF} es una medida de la reducción de costos manteniendo el precio de los factores constantes.