



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Participación de la tierra en el ingreso agropecuario y
productividad media del trabajo en el ciclo económico
colombiano, un modelo DSGE (2002-2019)**

Ruth Natalia Becerra Vargas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía
Bogotá, Colombia
2021

**Participación de la tierra en el ingreso agropecuario y
productividad media del trabajo en el ciclo económico
colombiano, un modelo DSGE (2002-2019)**

Ruth Natalia Becerra Vargas

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título
de:

Magíster en Ciencias Económicas

Director:

Ph.D., Manuel José Antonio Muñoz Conde

Línea de Investigación :
Teoría y Política Económica

Grupo de Investigación:
Análisis de Bienestar

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía
Bogotá, Colombia

2021

Participación de la tierra en el ingreso agropecuario y productividad media del trabajo en el ciclo económico colombiano, un modelo DSGE (2002-2019)

Ruth Natalia Becerra Vargas¹

Resumen

El movimiento del empleo sectorial y el producto agregado en las fluctuaciones económicas es descrito en un modelo de equilibrio general, dinámico y estocástico de dos sectores, uno agropecuario y otro no agropecuario (DSGE). El Modelo Base calibrado para Colombia permite concluir, que cambios permanentes en la Productividad Total de Factores del sector agropecuario, y el incremento en la participación de la tierra dentro del ingreso agropecuario, conservan el rol contra cíclico del empleo agropecuario y el proceso de transformación estructural. Así mismo, otra combinación de los factores tierra, trabajo y capital en la producción agropecuaria, estabiliza la generación de valor agregado sectorial y total, e incrementa la productividad sectorial media del trabajo en al menos un 15%. Incluso cuando el ajuste implica reducir la participación del capital en el ingreso agrícola para aumentar la participación de la tierra, manteniendo el supuesto de rendimientos constantes a escala. El Modelo Base calibrado para Colombia tiene como punto de partida una participación del factor trabajo en el ingreso agropecuario del 54%, 38% para el capital y 8% para la tierra; dando margen a un incremento en la participación de la tierra en el ingreso, ante el intenso uso de la mano de obra y capital.

Clasificación JEL: E32, Q10. E23, Q12

Palabras clave: Ciclos de negocio; agricultura; modelo de dos sectores,

¹ rnbecerrav@unal.edu.co

Land participation in agricultural income and average labor productivity in the Colombian economic cycle, a DSGE model (2002-2019)

Abstract

The movement of sectoral employment and the aggregate product in economic fluctuations is described in a general, dynamic and stochastic equilibrium model of two sectors, one agricultural and the other non-agricultural (DSGE). The Base Model calibrated for Colombia leads us to conclude that permanent changes in the Total Productivity of Factors of the agricultural sector, and the increase in the participation of land within agricultural income, maintains the countercyclical role of agricultural employment and the process of structural transformation. Likewise, another combination of land, labor and capital factors in agricultural production, stabilizes the generation of sectoral and total added value, and increases the average sectoral productivity of labor by at least 15%. Even when the adjustment implies reducing the share of capital in agricultural income to increase share of land, maintaining the assumption of constant returns to scale. The Base Model calibrated for Colombia has as a starting point a participation of the labor factor in agricultural income of 54%, 38% for capital and 8% for land; giving room for an increase in the participation of land in income, in view of the intense use of labor and capital.

JEL classification: E32, Q10. E23, Q12

Keywords: Real Business cycles; Agriculture; Two-sector model

“La energía del universo permanece constante, pero su entropía tiende a un máximo.”

Rudolf Clausius

Agradecimientos

A mi mamá y mi papá por su apoyo constante y sus enseñanzas sobre las ciencias sociales. A mis hermanos por su confianza y primeras guías en matemáticas.

A mis colegas economistas y amigos por su diálogo pensando la sociedad y las relaciones económicas; además de su asidua espera de mi tesis de maestría: Anderson, Anibal, Nicolás, Ricardo, Raúl, Ruby, Camila, Maira, Sandra, Deison, Luis G., John Jairo, Mario, Cristian, Germán, Chisco, Efraín y Elkin.

A Grajales gracias por ser un compañero permanente para hacer y proponer la ciencia económica.

A mi familia extendida por ser esa linda y real sociedad donde aprendo y me nutro constantemente.

Al Profesor Manuel José Antonio Muñoz Conde por ofrecerme su confianza y conocimiento para profundizar en la microeconomía y retomar el trabajo ya iniciado.

A la Universidad Nacional de Colombia por sus brazos siempre abiertos a la diversidad individual y la construcción del conocimiento colectivo. A la Facultad de Ciencias Económicas por su transformación y apertura a múltiples tendencias.

Al universo por su energía, la vida y el amor.

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1: El ciclo económico, la agricultura y el cambio técnico en la literatura económica	4
a. Generalidades en el análisis del ciclo económico	4
b. La agricultura en el ciclo económico y en la transformación estructural	5
c. Cambio técnico y uso de los factores en la función de producción agrícola	8
Capítulo 2. El sector agropecuario en Colombia: hechos estilizados	11
a. Relevancia en la generación de valor agregado y el empleo nacional	11
b. Características de la producción agropecuaria colombiana	12
● Uso del suelo y tamaño de la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA).	12
● Maquinaria, riego, asistencia técnica y empleo de mano de obra	14
c. Productividad Total de Factores (PTF) en el sector agropecuario	16
d. Eficiencia técnica en el sector agropecuario	18
e. El sector agropecuario en el ciclo económico colombiano (2002-2019)	19
Capítulo 3. Modelo que describirá de forma simplificada y aproximada la economía colombiana	21
a. Producción, trabajo, consumo, acumulación de capital y naturaleza de los choques aleatorios que generan las fluctuaciones en la economía	21
b. Definición del equilibrio óptimo que garantiza el equilibrio general en cada periodo del tiempo	23
c. Metodología de calibración de los parámetros para el Modelo Base (M.B.)	25
d. Resultados del Modelo Base en la descripción de la economía colombiana	27
Capítulo 4. El cambio técnico y distinta combinación de factores en el Modelo Base	33
a. Descripción de las simulaciones	33
b. Resultados a partir de las simulaciones	33
c. Coyuntura económica ante la crisis derivada por la COVID-19	38
Capítulo 7. Datos	40
Capítulo 8. Conclusiones, recomendaciones de política y agenda de investigación futura	41
a. Conclusiones	41
b. Recomendaciones de política	42

c. Agenda de investigación futura	42
Referencias	43
Anexos	46

Introducción

Esta elaboración académica es una contribución empírica que representa la economía colombiana en un modelo de equilibrio general, dinámico y estocástico (DSGE por sus siglas en inglés) de dos sectores: un sector agropecuario y otro no agropecuario. Con esta herramienta se simulan los efectos en la dinámica sectorial y agregada, concretamente el movimiento de los sectores y el agregado, y su volatilidad en el tiempo, de cambios en la combinación del uso de factores de la producción y la tecnología de producción agropecuaria. Es decir, con la modificación de los parámetros del modelo calibrado para Colombia, se perciben los efectos en la economía de los avances en la Productividad Total de los Factores (PTF)² y en la productividad laboral (o acumulación de factores por trabajador) en el sector agropecuario. De esta manera, se miden los beneficios de las políticas³ que se discuten dentro de las dos grandes escuelas de pensamiento que buscan aumentar la productividad: (1) eliminar las barreras que impiden la rápida reasignación de factores de producción entre granjas y sectores; y (2) aumentar dentro de la granja o potencialmente nueva productividad agrícola a través del progreso tecnológico (Fuglie et al., 2019).

El modelo permite concluir que rasgos característicos del ciclo económico colombiano, y de su proceso de transformación estructural entre el 2002 y el 2019, se mantienen ante cambios sustanciales en la Productividad Total de Factores (PTF) del sector agropecuario, y ante cambios en la combinación de los factores de producción y su participación en el ingreso agropecuario. Es decir, el empleo agropecuario conserva su comportamiento contracíclico, característico de las economías en desarrollo, mientras que el empleo total no está fuertemente correlacionado con el producto agregado. Así mismo, el incremento en la participación del factor de producción tierra dentro del ingreso agropecuario, incrementa la productividad media del trabajo que está relacionada con los ingresos laborales, en al menos un 15%, reduciendo la volatilidad en el valor agregado sectorial y total.

El modelo teórico usado para describir la economía colombiana sigue al modelo con el que Da-Rocha y Restuccia (2006) analizaron del ciclo económico y la relación entre diferentes sectores y el agregado. Con dicho modelo los autores concluyeron que la agricultura, y su mayor participación en el empleo agregado, puede explicar algunos patrones del ciclo económico agregado entre países de la OCDE: altas fluctuaciones en la producción agregada, baja volatilidad relativa del empleo y baja correlación del empleo y la producción. Un atributo del este modelo es que permite la sustitución intertemporal del consumo en el tiempo y la sustitución intratemporal, o re-acomodación de los factores de producción, entre sectores. De esta manera, otro canal adicional al de la simple agregación de sectores, puede explicar las diferencias en la volatilidad del producto agregado en países con diferente participación de la agricultura en la economía.

² La PTF es la “medida más completa del cambio técnico y de eficiencia en un sector económico. Representa como el “capital del conocimiento”, o la aplicación de nuevas ideas (incorporadas en nuevas tecnologías y prácticas de producción), contribuye al crecimiento” (Fuglie et al., 2019).

³ En esta investigación se simulan ya los efectos de dichas políticas bajo la hipótesis de que lograron aumentar la PTF y la participación de la tierra dentro del ingreso agrícola.

El uso de este modelo implica abordar la literatura económica que trata la transformación estructural⁴. Por una parte, como lo muestra Herrendorf et al. (2014), distintas volatilidades del valor agregado entre los sectores, y la composición sectorial del producto agregado, determinan potencialmente las fluctuaciones del ciclo económico; ya sea porque la agricultura (mas volátil) sea mas grande o porque el sector de servicios (menos volátil) sea más importante en una economía. De otro lado, como lo proponen Storesletten et al. (2019), así como la transformación estructural tiene origen en un progreso tecnológico, en el modelo DSGE utilizado, el choque aleatorio tecnológico es el que determina la presencia el ciclo económico.

Precisamente, Storesletten et al. (2019) han mostrado una unificación en la teoría de ciclos económicos y la transformación estructural, mostrando cómo la naturaleza del ciclo evoluciona sobre el proceso de transformación estructural. Estos autores documentan que en países con grandes sectores agrícolas en declive, el empleo agregado no está correlacionado con el PIB, mientras que el empleo agrícola es contracíclico y el empleo no agrícola procíclico. Así mismo, estos países tienen fluctuaciones en el empleo agregado que son suaves y acíclicas, mientras que países industrializados experimentan una reasignación volátil y procíclica del trabajo entre agricultura y no agricultura.

La evidencia encontrada en el caso colombiano, para el periodo 2002-2019, permite concluir que Colombia muestra características de economías en desarrollo o con el tamaño de la agricultura en declive: la correlación entre la participación del empleo agropecuario y el PIB es negativa (contracíclica⁵) y la correlación entre ocupados totales y el PIB no es fuerte (acíclica). No obstante, contrario a lo documentado por Storesletten et al. (2019), para países con grandes sectores agrícolas, el empleo total se muestra más volátil que el producto.

Ahora bien, investigaciones como la de Hamann-Salcedo et al. (2019) han mostrado una oportunidad de mejora en la eficiencia del uso de los factores en el sector agrícola colombiano. Estos autores concluyeron, “con algunas limitaciones, que la tierra y el trabajo agrícola en el país no están siendo utilizados en las fincas con mayor capacidad productiva”. Hacia este mismo sentido Berry (2017) habla de la eficiencia productiva destacada de las unidades de producción agrícola familiar; y con la evidencia aportada por Storesletten et al. (2019) sobre la profundización del capital, el crecimiento de la productividad laboral, y la reducción de la participación del empleo agrícola en el proceso de modernización, es pertinente observar los cambios que sobre el ciclo económico, y el desempeño del sector agropecuario, trae un aumento en la productividad y una distinta combinación de los factores de producción en el sector agropecuario colombiano.

El modelo DSGE calibrado para Colombia permite concluir que un aumento en la PTF y la combinación distinta de los factores de producción, manifestada esta última en la mayor participación de la tierra sobre el ingreso agropecuario, estabilizan la generación de valor agregado y mantienen el rol contra cíclico de la participación del empleo agropecuario. Con una combinación diferente de los factores, en el largo plazo, el equilibrio converge hacia un estado estable en el que

⁴ “La transformación estructural se refiere a la reasignación de la actividad económica en los sectores generales de la agricultura, la manufactura y los servicios que acompaña el proceso de crecimiento económico moderno” (Herrendorf, Rogerson y Valentinyi, 2014).

⁵ Es decir, la participación de la agricultura en el empleo total cae en los auges y aumenta en las recesiones mientras que la productividad laboral aumenta en la agricultura más que en otros sectores (Storesletten et al., 2019).

sector agropecuario colombiano cuenta con unidades de producción un uso más homogéneo de los factores y mejoras en la productividad media del trabajo.

Para Colombia, a pesar de que banco central y otras entidades han elaborado diversos modelos de este tipo, es oportuno emplear esta herramienta para estudiar el rol de los sectores económicos, y del sector agropecuario en particular, en las fluctuaciones agregadas del producto y el empleo. Esta investigación hace parte de la “narrativa estándar”, señalada por Sergi (2017), de uso de modelos DSGE por parte de bancos centrales e instituciones de formulación de políticas públicas. Lo que denota un consenso en preguntas, métodos, herramientas teóricas y de medición, en el análisis macroeconómico a partir de la agregación del comportamiento individual de los agentes (microfundamentación).

Esta investigación tiene como objetivo contribuir al entendimiento económico de la producción agropecuaria colombiana y dar elementos para la posterior interacción en la economía política. Este documento entonces acompaña la literatura mundial, recopilada en parte por ejemplo en Fuglie et al. (2019), donde se propone una continua mejora de la productividad agrícola como alternativa para garantizar alimentos y reducir la pobreza extrema en los países en desarrollo. Todo lo anterior, en la búsqueda de generación de ingreso y bienestar para los habitantes colombianos alejados de grandes asentamientos urbanos.

A continuación se presentan diferentes conclusiones que sobre la agricultura, el cambio técnico y el ciclo económico se tienen en la literatura económica. También se traen elementos característicos de la producción agropecuaria nacional para el mejor manejo del modelo teórico, y la calibración de los parámetros del mismo. Finalmente, se presentan algunas conclusiones y recomendaciones de política producto de la realización de cambios en el Modelo Base y su simulación en diferentes modelos. También, dada la magnitud económica y social de la coyuntura provocada por la Covid-19, se hará una reflexión con las conclusiones derivadas del Modelo Base y la coyuntura de 2020.

Capítulo 1: El ciclo económico, la agricultura y el cambio técnico en la literatura económica

a. Generalidades en el análisis del ciclo económico

Construyendo una definición general preliminar de ciclo económico, y entendiéndose éste como la fluctuación transitoria del producto de su componente regular o permanente, podríamos afirmar que su estudio y mención ha estado presente en la literatura económica desde la segunda mitad del siglo XIX. Desde sus inicios de estudio se ha enfocado en sus posibles determinantes como la inversión, el crédito bancario, la oferta monetaria, las expectativas o errores de los agentes, la innovación tecnológica, e incluso cambios en las cosechas agrícolas, por mencionar algunos. No obstante, la evolución de las herramientas estadísticas de medición, así como la metodología de análisis de la economía en general, ha permitido diversas fases en la definición, seguimiento y comprobación de los ciclos económicos. Una manera de aproximación al origen del ciclo económico es vía eventos aleatorios (estocásticos) que afectan el sistema económico de análisis: con los que se reproducen ciertas características cíclicas observadas en las series macroeconómicas.

Bajo esta lógica, como mencionan Avella y Fergusson (2003), para autores como Slutsky (1927) y Frisch (1933), por ejemplo, las economías seguían trayectorias de equilibrio a partir de las cuales podían alejarse temporalmente (en desequilibrio) debido a los eventos aleatorios. Así, “toda una variedad de causas podría traducirse en choques reales sobre la economía, de modo que el debate acerca de su identificación no sería relevante”. En cambio, con las contribuciones de Lucas (1975) y Kydland y Prescott (1982):

Los ciclos económicos ya no se interpretarían como alejamientos a partir del equilibrio, sino como fluctuaciones temporales del equilibrio. Floreció entonces la expresión “enfoque de equilibrio del ciclo económico” resaltando la noción de equilibrio continuo de los mercados. También la expresión “teoría de los ciclos económicos reales” destacando la relevancia de *choques reales* por oposición a *choques monetarios*. (Avella y Fergusson, 2003, p. 28)

Con esta distinción, desde los años 70s del siglo XX, la discusión del ciclo económico se adelanta usando modelos estocásticos de equilibrio general, donde se aborda la naturaleza y el mecanismo de propagación de un evento aleatorio en todos los mercados (de trabajo, consumo, etc), que se vacían cuando se igualan la oferta y la demanda en todos los periodos observados; lo que los convierte en modelos dinámicos y estocásticos de equilibrio general o DSGE por sus siglas en inglés. Estos modelos suelen ser diversos en cuanto al tratamiento de las preferencias de los agentes (parámetros usados en la modelación), la estructura técnica de la producción, los sectores representados y los arreglos institucionales o de información (tratamiento del mercado externo, por ejemplo), entre otros. No obstante, mantienen una raíz común: la optimización de los agentes representados en ecuaciones microfundamentadas y un mecanismo de acumulación de capital, que permite la articulación entre periodos de las dinámicas de producción y crecimiento. Así mismo, comparten la inclusión de perturbaciones estocásticas (choques) como impulso a las fluctuaciones para observar los resultados dinámicos propagados por el comportamiento óptimo de los agentes (Sergi, 2017).

Un elemento que ha hecho presencia históricamente en las discusiones sobre el ciclo económico, es su origen real o monetario, o al menos el papel de cada uno de estos conceptos dentro del mismo. Es así como en la literatura se reconoce a los modelos de ciclo económico real (“Real

Business Cycles” RBC por sus siglas en inglés), de mayor auge en los años 80s, como modelos que buscaban demostrar “que en presencia de choques tecnológicos, los modelos neoclásicos con mercados perfectos pueden reproducir las regularidades típicas del ciclo económico, tanto cualitativa como cuantitativamente⁶” (Avella y Fergusson, 2003). En contraposición, los modelos neokeynesianos, que reconocen la presencia de competencia imperfecta (rigideces nominales, por ejemplo, haciendo alusión a la política monetaria y fiscal) modelan la dinámica de los ciclos económicos como resultado de choques de cualquier otro tipo (demanda, tasas de interés, productividad o precios).

En las décadas recientes, y como producto de la evolución de técnicas estadísticas de estimación, muchos de los parámetros usados en los diferentes modelos DSGE, sean RBC (choque tecnológico como principal mecanismo de impulso) o neokeynesianos, ya no se obtienen de un ejercicio de calibración, como el empleado por Kydland y Prescott (1982). Es decir, ya los parámetros no son elegidos por el modelador con ayuda computacional para que el modelo refleje el comportamiento de los datos; sino que los parámetros son estimados con ayuda econométrica, a partir de los datos observados⁷.

Los modelos DSGE son entonces una herramienta que permite describir y entender la dinámica presente en los sistemas económicos para los cuales son calibrados o estimados. Para Colombia, a pesar de que banco central y otras entidades, han elaborado diversos modelos de este tipo, se identifica una oportunidad de emplear esta herramienta para estudiar el rol de los sectores económicos, y del sector agropecuario en particular, en las fluctuaciones agregadas del producto y el empleo. Para tal propósito, se contempla entonces calibrar los parámetros que permitan representar la economía colombiana en un modelo DSGE.

b. La agricultura en el ciclo económico y en la transformación estructural

El estudio de los ciclos económicos no sólo ha permitido mayor entendimiento de la economía de los países en particular; sino que permite identificar patrones transversales a los países, donde la agricultura, y su relevancia en cada economía, muestra diferentes efectos ante cambios técnicos en este sector.

Para países pertenecientes a la OCDE por ejemplo, en 2006 Da-Rocha y Restuccia comprueban que diferencias en las fluctuaciones del producto y el empleo agregado están sistemáticamente relacionadas con la participación de la agricultura en la economía. Los autores calibraron un modelo

⁶ Ahondando en la descripción de los modelos del ciclo económico, Avella y Fergusson (2003) notan que: Los modelos del ciclo económico real recogen la posta legada por Frisch a comienzos de los treinta. Como él, distinguen entre fuentes de perturbación y mecanismos de propagación. También como él, acuden al método de calibración, empleando información microeconómica para seleccionar los valores numéricos de los parámetros. Pero a diferencia de aquel autor, su interés reside no sólo en generar ciclos, sino en demostrar que en presencia de choques tecnológicos, los modelos neoclásicos con mercados perfectos pueden reproducir las regularidades típicas del ciclo económico, tanto cualitativa como cuantitativamente. (p. 31).

⁷ Ver por ejemplo Smets y Wouters (2007), *Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach*.

de ciclo económico real (RBC), de trabajo indivisible⁸, de dos sectores (agricultura y no agricultura), donde las fluctuaciones son impulsadas por choques en la productividad total de los factores en cada sector; logrando representar las propiedades del ciclo económico, consistentes con las estadísticas de Estados Unidos.

Con esta herramienta los autores concluyeron, entre otras cosas, que cerca de 2/3 de la diferencia encontrada en las fluctuaciones agregadas entre Estados Unidos y Turquía, es explicada por la participación del empleo agrícola dentro del empleo total. La comprobación surge al modificar ciertos parámetros del modelo calibrado para Estados Unidos, de manera que se permite el incremento de la participación del empleo agrícola dentro del empleo total (del 2% a 30%). Así, Estados Unidos se asemeja a Turquía en el rasgo específico de la participación del empleo de la agricultura dentro del empleo total, sin modificarse la tasa de empleo agregada evidenciada para Estados Unidos.

En este mismo sentido, la correlación que tiene el empleo en la agricultura y el empleo en el sector no agrícola cambia con la relevancia que tiene la agricultura en la actividad económica. Una muestra de ello es que mientras que el empleo de los dos sectores no está correlacionado en los Estados Unidos, la correlación del empleo entre sectores es negativa en Grecia, Turquía y Portugal, donde la proporción del empleo en la agricultura es mayor. Así mismo, mientras que para Turquía y Grecia la correlación entre empleo agregado y producción es de 0,13 y -0.36, para Estados Unidos es 0,82 (significativamente mayor). Es importante mencionar que según lo calculado para Colombia entre el periodo 2002 y 2019, la correlación entre el número de ocupados totales y producción es pequeña (0,08⁹) mientras que la correlación entre el número de ocupados entre sectores es positiva (0,495); así mismo, la generación de valor agregado agropecuario se correlaciona positivamente con la generación de valor en el sector no agrícola y el total. La participación del empleo agropecuario dentro del total, en cambio, se correlaciona negativamente con el valor agregado agropecuario, el valor agregado no agropecuario y el PIB total (contra cíclico).

Da-Rocha y Restuccia (2006) también documentan propiedades singulares de la agricultura durante los ciclos económicos: (a) el producto y el empleo en la agricultura son más volátiles y no están positivamente correlacionados con el producto y el empleo del sector no agrícola, (b) el empleo y el producto está menos correlacionados en la agricultura que en el resto de la economía y (c) el producto agrícola fluctúa más en países donde la participación del empleo agrícola es menor. El modelo empleado por estos autores permite que el choque tecnológico en el sector agrícola se propague por un canal adicional al de la simple agregación de los sectores. Dicho canal es el de la sustitución intratemporal del consumo entre sectores, que depende de la importancia de la agricultura en la economía. Con esto, los choques tecnológicos impactan la sustitución intertemporal del consumo a lo largo del tiempo y la sustitución intratemporal o reasignación de factores entre sectores.

⁸ Este recurso fue empleado por primera vez por Hansen (1985): “suponiendo que las personas pueden trabajar un número positivo de horas dado o que no pueden trabajar en absoluto; no pueden trabajar un número intermedio de horas”. De esta manera, un cambio en las horas trabajadas explicará los cambios en el empleo.

⁹ Esta correlación es calculada sobre el logaritmo natural del número de ocupados por sector y el producto aplicando el filtro Hodrick-Prescott. Luego, para efectos de calibración del modelo, es calculada 0,4; dado que en el modelo a calibrar no se refleja el número desocupados sino la participación de los empleos sectoriales sobre el total de la Población Económicamente Activa (sin filtro y transformación logarítmica).

Extendiendo el trabajo de Da Rocha y Restuccia (2006) más allá de los países de la OCDE, Storesletten et al., 2019 muestran que la correlación entre el empleo agrícola y el PIB agregado varía sistemáticamente con el tamaño relativo del sector agrícola y la transformación estructural. Los autores documentan que el empleo en la agricultura es procíclico en los países industrializados y es contracíclico en las economías con un gran sector agrícola, mientras que el empleo en los sectores no agrícolas es fuertemente procíclico en todos los países. También muestran que los descensos del empleo agrícola están asociados con aumentos en la productividad relativa y la intensidad de capital del sector agrícola en los países en desarrollo; correlaciones que están ausentes en las economías totalmente industrializadas.

Ahora bien, en el caso de los países de la Unión Económica y Monetaria de África Occidental (UEMAO¹⁰), Amoussouga y Aklesso (2020), muestran algunos efectos macroeconómicos de un potencial crecimiento de la productividad agrícola de semi-subsistencia¹¹, usando un modelo de equilibrio general computable. En estas economías, donde la agricultura es bastante importante¹², los resultados sugieren que un crecimiento de la productividad agrícola podría mejorar el crecimiento económico general, reducir el déficit comercial y permitir un aumento de los ingresos de los hogares y del gobierno. En particular, la industria alimentaria y los hogares asalariados parecen ser los principales beneficiarios de las políticas públicas que promueven el crecimiento de la productividad de los cultivos alimentarios. Probablemente estos cultivos son más eficaces en lograr un mayor rendimiento económico y reducir la pobreza.

Existe también para 128 países la estimación de funciones de producción agrícola realizada por Eberhardt y Vollrath (2018). Allí se pudo identificar que la elasticidad de la producción agrícola respecto al trabajo, que indica la importancia del trabajo en la tecnología agrícola, es un determinante importante dentro de la velocidad de transformación estructural ante un choque de productividad favorable. De esta manera, los países con clima templado predominante, que presentan menor elasticidad de sustitución, podrán realizar una transición rápida del empleo de la agricultura a la industria, con mayores aumentos en el PIB per cápita. En contraste, en los países ecuatoriales o tropicales, que tienen valores altos en dicha elasticidad, y por tanto, la mano de obra es particularmente importante en la producción agrícola, la transición del empleo desde la agricultura a la industria será menor y se pueden producir menos productos no agrícolas adicionales en respuesta. Lo anterior implica que la experiencia pasada de los países con clima templado puede no ser un punto de referencia útil para los países tropicales en la actualidad.

Otro análisis diferenciado entre países, es una descomposición comparable de la productividad laboral agregada entre el 5% de los países más ricos y el 5% de los más pobres. Allí se revela que una alta proporción del empleo y la baja productividad laboral en la agricultura, explican la baja productividad agregada de los países pobres (Restuccia, et al. 2008).

Dada la importancia de la heterogeneidad tecnología agrícola y del tamaño relativo de este sector en la identificación de patrones transversales a los países, es oportuno documentar las propiedades del ciclo colombiano y del sector agropecuario en particular, considerando el proceso de

¹⁰ Formada por Côte d'Ivoire, Benin, Burkina Faso, Guinea-Bissau, Malí, el Níger, el Senegal y el Togo.

¹¹ La semi-subsistencia involucra a los hogares agrícolas que asignan parte de la producción al autoconsumo y el resto se comercializa en el mercado (Amoussouga y Aklesso 2020).

¹² Cerca del 62% de la población vive en zonas rurales y el empleo agrícola representa cerca del 57 % (Amoussouga y Aklesso 2020).

transformación estructural o la tendencia a la reducción de la participación del empleo y el producto agropecuario en el agregado.

c. Cambio técnico y uso de los factores en la función de producción agrícola

Siendo la tecnología la que describe el conjunto de posibilidades de producción, el “cambio técnico” ha sido objeto de análisis en la literatura económica desde sus inicios, cuando se le denominada economía política¹³.

Durante el siglo XX, como lo indicaron Piñeiro y Trigo (1983), se identifican dos aproximaciones generales para el cambio técnico en la agricultura que sustentan el estudio de los procesos de innovación (heterogéneos) en América Latina. La primera de ellas es “la teoría de innovación inducida”, asociada con autores como Yujiro Hayami y Vernon Ruttan (1984) y Hans Binswanger (2009), que propone un proceso de generación, difusión y adopción de nuevas tecnologías a través del mercado: oferentes (investigación y desarrollo) y demandantes (adopción) interactúan a través de los precios de los productos y de los precios relativos de los insumos (disponibilidad relativa). La segunda interpretación es “la economía política del cambio técnico”, que hace énfasis en el papel de los grupos de interés para determinar el cambio técnico, dadas las deficiencias en el funcionamiento de los mercados.

Para el caso puntual de América Latina, de Janvry (1989) señala que como resultado de la búsqueda exitosa de rentas por parte de los agricultores más grandes, el crédito institucional generalmente es monopolizado por este tipo de productores; mientras que los pequeños agricultores no tienen acceso al crédito, o si está disponible, se enfrentan a tarifas nocivas en el mercado informal. Como resultado de lo anterior, el cambio tecnológico sustancial incrementaría la relación capital/trabajo en agricultura.

En este mismo sentido, pero a nivel mundial, Binswanger-Mkhize et al. (2009) señalan que formación de unidades agrícolas a gran escala no necesariamente denota una expresión de eficiencia de este tipo de unidades. Su formación podría interpretarse como un resultado de las políticas que las favorecen por encima de las unidades pequeñas. Chavas (2001) también se refiere a este tema donde la política fiscal, que a menudo está diseñada para estimular las inversiones de capital, podría favorecer la existencia de unidades de capital intensivo a través de las reducciones asociadas a los impuestos.

¹³ Según Drazen (2002), el término “economía política” reflejaba la cercanía de la economía y la política; y la influencia que tenía esta última en los resultados económicos. El autor también cita que “Según Groenewegen (1987), el término “economía política” para la economía se originó en Francia en el siglo XVII. Él atribuye el primer uso a Montchrétien en 1615. Sir James Steurt (1761) fue el primer economista inglés en poner el término en el título de un libro sobre economía, *Una investigación sobre los principios de la economía política*.”

Ahora bien, como lo menciona Drazen (2002), luego de que el enfoque neoclásico, dentro del progreso metodológico, haya extraído factores políticos de difícil formalización en el análisis económico para ser motivo de análisis de otras disciplinas, desde un enfoque de Nueva Economía Política, esta se define:

En gran parte por su uso de las herramientas formales y técnicas del análisis económico moderno para observar la importancia de la política para la economía. El análisis económico moderno se utiliza no solo en el sentido formal de un enfoque matemático; también es conceptual, viendo los fenómenos políticos en términos de optimización, incentivos, restricciones, etcétera .(p. 2).

De acuerdo con lo anterior, el tipo de unidad productiva, la disponibilidad relativa de los factores, las relaciones predominantes en la unidad de producción y los grupos sociales vinculados al proceso de acumulación agraria, toman relevancia en el estudio de la producción e innovación en el sector agrícola. De hecho, recientemente, “circunstancias contextuales” y “restricciones institucionales”, son recogidos en experimentos de campo que buscan comprender cómo la agricultura es y puede ser utilizada para el desarrollo de las comunidades (de Janvry de, 2020).

Con esta realidad descrita, la literatura económica agrícola converge en la idea de que los pequeños agricultores generalmente usan la tierra, el trabajo y el capital de manera más eficiente¹⁴. Esta "relación inversa entre el tamaño de la granja y la productividad" implica que la agricultura generalmente se caracteriza por deseconomías de escala (Binswanger-Mkhize et al. 2009¹⁵). Esta interpretación fue explícita en de Janvry (1989), cuando citando a autores como Dorner (1972) y Berry (1979), escribió que existe de una relación inversa entre la productividad total del factor social (TSFP) y el tamaño de la granja. Todo lo anterior sugiere que las desventajas para los agricultores familiares (difícil acceso a los mercados de insumos y productos, financiamiento, asistencia técnica e información y nuevas tecnologías) generalmente están compensadas por las ventajas en términos de incentivos laborales (Binswanger-Mkhize et al. 2009). En este aspecto, de Janvry (1989) concluyó que los mecanismos de desarrollo rural deberán usarse como un complemento muy necesario de la reforma agraria redistributiva, después de la redistribución, y no como un sustituto del fracaso de la reforma agraria.

Berry (2017) también habla de dos características generales: la relación inversa entre el tamaño de la explotación y la productividad de la tierra y y la relación positiva entre el tamaño y la productividad de la mano de obra. Para este autor, con la información disponible para Colombia, según el tipo de explotación, se revela un amplio rango en el nivel de eficiencia y una gran variabilidad en el rol que el tamaño de la unidad productiva tenga sobre esta. No obstante, como esa eficiencia disminuye con relación al tamaño, es poco probable que exista otra estructura agraria cuya eficiencia sea comparable a la de agricultura familiar¹⁶.

Una conclusión más general es presentada por Hamann et al, (2019) al analizar la importancia relativa de las distorsiones individuales (que recaen más sobre cierto tipo de firmas) y las distorsiones agregadas (trasversales y afectación más homogénea para todas las firmas), para explicar las

¹⁴ “Todo eso no significa que los agricultores familiares sean más ricos que los grandes agricultores. Simplemente significa que, en promedio, los agricultores familiares obtienen relativamente más de lo poco que tienen” (Binswanger-Mkhize et al., 2009, p.35).

¹⁵ De hecho, Binswanger-Mkhize et al., 2009 citan que para el caso de Estados Unidos en particular, Kislev y Peterson (1982) y Peterson (1997) describen que todavía se caracteriza por deseconomías de escala aunque el tamaño promedio de las granjas continúa aumentando, debido a los aumentos generales en los ingresos de la economía de los Estados Unidos, que inducen a los propietarios más pequeños a alquilar o vender sus granjas si pueden obtener mayores ingresos en otros lugares. La migración de las zonas rurales a las urbanas permite a los agricultores restantes obtener mayores ingresos (p. 36).

¹⁶ La característica definitoria de las granjas familiares no es el tamaño de la granja per se, sino su dependencia primaria del trabajo familiar en lugar del trabajo contratado. Lo que constituye una granja “pequeña” variará debido a las diferencias en la fertilidad del suelo, la distribución de las lluvias, el desarrollo del mercado, la tecnología y el costo de oportunidad del capital y la mano de obra en la economía (Binswanger-Mkhize et al., 2009, pp 36).

diferencias entre la PTF¹⁷ de Colombia y Estados Unidos. Según estos autores, se encuentran “indicios para pensar que la tierra en Colombia no está siendo utilizada por quienes le dan el uso más eficiente” de manera que “que la tierra y el trabajo agrícola en el país no están siendo utilizados en las fincas con mayor capacidad productiva”. Para esto, se toman las distribuciones de habilidad de las firmas estadounidenses y mediante dos modelos teóricos (uno para el sector no agrícola y otro para el agrícola) se enfrentan a factores propios de la economía colombiana. Para el sector no agrícola los autores concluyen que las distorsiones individuales son más importantes que las distorsiones agregadas. En el caso del sector agrícola, ambas distorsiones son igualmente relevantes. Así las cosas, según los autores, “sólo es posible explicar que Colombia sea la mitad de productiva por presencia de distorsiones individuales”. Lo anterior apuntaría entonces a que la “ineficiencia en las instituciones colombianas afecta el desempeño de los más productivos”.

Ahora bien, el cambio técnico en la agricultura ha permitido, entre otras cosas, aumentos en los rendimientos de la tierra ya cultivada y la incorporación de nuevas tierras de menor capacidad productiva. Lo que permite deducir que el efecto de un cambio técnico se combina con la mayor disponibilidad o uso de la tierra para la producción. La tecnología y la presión demográfica han permitido un aumento en la frecuencia de uso de la tierra (Boserup 1950), además de la mayor intensidad en su uso gracias al cambio técnico. De esta manera, un análisis de mayor disponibilidad de tierra para el uso agrícola, lo cual implica cambios implícitos en la disponibilidad relativa de los insumos, puede ser una oportunidad de modelación que acompaña un cambio técnico en la producción. Para el caso puntual de Colombia, dada la coexistencia de la producción pecuaria y agrícola en las unidades productivas caracterizadas en el CNA del 2014, una combinación diferente de los factores implicaría una transformación dentro de toda la función de producción agropecuaria.

En Colombia los hechos históricos y políticos han generado distorsiones en los precios relativos de los insumos y productos; lo que permite pensar que la productividad del sector agrícola está afectada de manera tal que podría ser superior: por ejemplo, si se combinan de otra manera los factores de producción con mayor proporción del trabajo dentro del ingreso agrícola o con un mejor aprovechamiento de la tierra. También si este sector manifestara otra productividad o tecnología en su función de producción.

Kalmanovitz, S., & López, E. (2004) calcularon para la agricultura colombiana de la segunda mitad del siglo XX, participaciones factoriales que oscilan entre 16% y 20% para el trabajo, 62% y 76% para el capital y entre 12% y 26% para la tierra.

Representar la producción agropecuaria colombiana bajo unas condiciones de producción diferentes, resignando los factores en la función de producción, y representando cambios en la productividad total de factores, permite dilucidar el papel dinámico y de desempeño de la agricultura colombiana bajo una estructura diferente en el uso de la tierra, explorando la productividad del territorio, por ejemplo en un modelo DSGE.

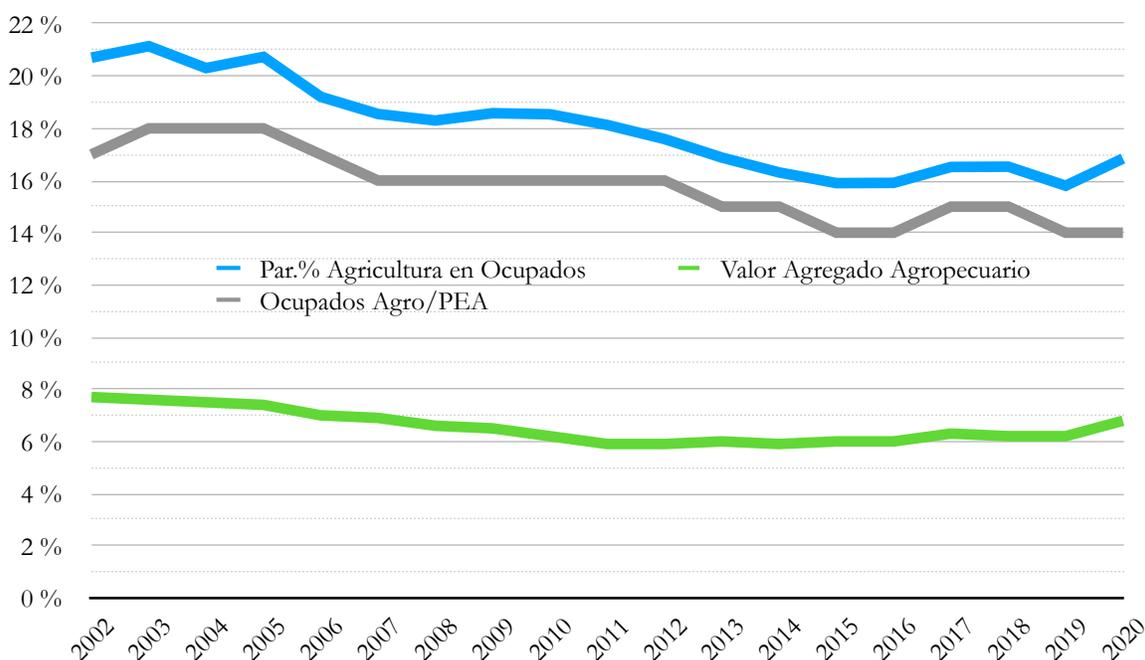
¹⁷ “La PTF es un indicador de la capacidad de una economía para combinar sus recursos productivos disponibles, como el tiempo de las personas (trabajo calificado y no calificado), las máquinas y la infraestructura (capital) y otros recursos (como la tierra o recursos naturales) para producir bienes y 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” (Hamann et al, 2019, pp 5).

Capítulo 2. El sector agropecuario en Colombia: hechos estilizados

a. Relevancia en la generación de valor agregado y el empleo nacional

En el año 2020 el valor agregado del sector de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca fue de 77 billones de pesos, representando el 7,7% del PIB colombiano¹⁸. Este rubro se compone principalmente de la producción de cultivos agrícolas permanentes y transitorios incluyendo viveros y apoyo a la actividad agrícola (60%), el cultivo permanente del café (10%), la producción de ganadería (22%), la producción de silvicultura y extracción de madera (3%) y la pesca y acuicultura (3%). Estos componentes evidencian el carácter significativamente agrícola del sector agropecuario al sumar los cultivos permanentes y transitorios con la producción cafetera en el año 2020 (70%). En cuanto al crecimiento trimestral anual promedio de la producción de agricultura, ganadería, caza, silvicultura, en términos reales, se evidencia un crecimiento del 2,66% desde el 2006 hasta el 2020; donde se destaca el crecimiento de la producción cafetera con un crecimiento del 3,78%. La participación del sector agropecuario dentro del PIB total cambia levemente si se calcula sobre la información a precios constantes o series encadenadas a la producción del año 2005, como es denominado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (Gráfica 1).

Gráfica 1. Aporte del Sector Agropecuario a los Ocupados Totales y PIB Total Nacional



Fuente: DANE, cálculos propios.

¹⁸ Según datos provisionales y preliminares del Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] consignados en Cuentas Nacionales a precios corrientes para el cuarto trimestre del año 2020.

En cuanto al empleo nacional, el número de ocupados en sector de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, se calcula en 3,3 millones de personas según la Gran Encuesta Integrada de Hogares [GEIH] para el año 2020; representando el 17% de los ocupados en el país (19,65 millones de personas). Este porcentaje de participación del sector agropecuario se ha mantenido en un nivel similar desde el año 2012, siendo del 19% en el periodo 2002-2011 (Gráfica 1). Si bien es cierto que alrededor de una quinta parte de los ocupados del país están en el sector agropecuario, este indicador se eleva al 60% si se calcula sobre la población ocupada que habita en los centros poblados¹⁹ y rural disperso²⁰.

Caracterizando este empleo, al menos el 50% de los empleados en el sector agropecuario son trabajadores cuenta propia (1,7 millones de ocupados en el año 2019), 9% son trabajadores familiares sin remuneración (representando el 39% de los ocupados de país bajo esta categoría), 20% son jornalero o peón y el 12% es obrero empleado o particular (Anexo 1).

b. Características de la producción agropecuaria colombiana

● Uso del suelo y tamaño de la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA).

Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) del 2014, con datos para el año 2013, la producción agropecuaria ocupa cerca del 38,6% dentro del uso y cobertura del suelo, mientras que los bosques naturales representan cerca del 56%. De ese 38,6%, que corresponde a 43 millones de hectáreas, 34,4 millones de hectáreas se ocupan en el uso de pastos (80% del área en uso agropecuario), mientras que el 19,7%, correspondiente a 8,5 millones de hectáreas son de uso agrícola. Así mismo, el área destinada a pastos y rastrojos es al menos la mitad del área de las unidades agropecuarias.

Del área para uso agrícola, 7,1 millones de hectáreas (83,9%) se registraron como en cultivo mientras que 1,2 millones de hectáreas fueron destinadas para descanso (13,6%) y 2,5% en barbecho. Dentro del área de cultivo, se destaca la mayor participación de cultivos permanentes (60,9%) seguido por los cultivos transitorios (27,9%) y de presencia mixta²¹ (11,2 %). Así mismo, del área

¹⁹ Se define como una concentración mínima de veinte (20) viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área resto municipal o en un área no municipalizada (corregimiento departamental). Contempla los núcleos de población de los corregimientos municipales, inspecciones de Policía y caseríos [...]. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2020, pp 11)

²⁰ Corresponde al territorio que no forma parte ni de la cabecera municipal (clase 1) ni de los centros poblados (clase 2). Se caracteriza por objetos y elementos relacionados con la agricultura, predios de descanso o recreo, usos mineros o extractivos. El número de unidades residenciales por área es menor a las zonas urbanas. (DANE), 2020, pp 11)

²¹ “Comprende cultivos permanentes, cultivos transitorios, cultivos forrajeros, frutales, plantaciones forestales en siembras de policultivos o bajo sistemas agroforestales” (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015, pp 233)

cultivada, el 35,1% corresponde a cultivos agroindustriales²² (café, la palma de aceite, la caña de panelera, la caña de azúcar, el cacao, caucho, algodón y otros), 22,3% al cultivo de tubérculos y plátanos, 16,0% a cereales (arroz, maíz amarillo y maíz blanco), 14,6% a frutas (banano común, cítricos, piña, aguacate y otros), 4,2% a hortalizas, verduras y legumbres (frijol, ahuyama, tomate, alverja verde, cebolla y otras hortalizas), 0,8% a plantas aromáticas y 0,2% a flores y follajes.

En cuanto al área cosechada, el área total es de 6.7 millones de hectáreas, con una producción agrícola de cerca de 34 millones de toneladas, para el año 2013. En el Anexo 2 se realiza una aproximación a la distribución del área cosechada por producto, según la información consignada en los anexos públicos del Censo.

Ahora bien, en total se censaron 2,9 millones de unidades de producción, de las cuales el 81% se consideran Unidades de Producción Agropecuaria (UPA²³) y el restante corresponde a Unidades de Producción No Agropecuaria (UPNA). El área cubierta por las UPA representa el 97,8% del área dispersa censada (110 millones de hectáreas). El 34,5% de las UPA destina el suelo principalmente para uso agrícola y ocupa el 18,9% del área rural dispersa censada (20 millones de hectáreas); mientras que el 56,6% de las UPA (1,3 millones) usa el suelo primordialmente para fines pecuarios con el 27,7% del área rural dispersa censada (30 millones de hectáreas); con menor participación el 8,9% restante de las UPA (211 mil UPA) declara cobertura en bosques naturales y ocupa el 43,4% del área rural dispersa (58 millones de hectáreas).

Aquí es importante mencionar que ante la posibilidad de conflicto en el uso del suelo, es decir la oposición entre su vocación natural y el uso otorgado, en Colombia se tiene una problemática que por ejemplo es ilustrada por Delgado (2019), con la información de la vocación de la tierra según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC):

Las tierras con vocación agropecuaria ascienden a 45 millones de ha. De estas, 25 millones tienen vocación agrícola, de las que se utilizan en dicha actividad apenas 6,4 millones (25%). Este uso, sin embargo, es superior en 1 millón de ha al reportado por el IGAC. La vocación ganadera, por su parte, es de 16 millones de ha, pero se dedican a esta actividad 24,8 millones de ha, 10 millones menos que las reportadas por el IGAC. Estos resultados confirman la existencia de un conflicto de uso que se manifiesta en la destinación de tierras con vocación agrícola y/o forestal a actividades de ganadería extensiva. Dentro de las tierras con vocación agropecuaria se destaca también la magnitud de las tierras reportadas en rastrojo (9,6 millones de ha). (p.132)

Otra información brindada por el CNA es el tamaño de las Unidades de Producción Agrícola; allí se tiene que el 70,4%(1,6 millones) tiene menos de 5 hectáreas y ocupa el 2,0% del área rural dispersa censada, el 10,7% de las UPA tiene de 5 a 10 hectáreas (1,7% del área), el 13,8% tiene entre 10 y 50 hectáreas (6,6% del área), el 2,5% tiene de 50 a 100 hectáreas (3,9% de área), el 2,0% tiene entre 100

²² “Interrelación entre la producción de materias primas vegetales y animales, y su transformación para un uso específico, sea como materia prima o como producto terminado para el consumo” (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2021a).

²³ Unidad Productora Agropecuaria es la unidad de organización de la producción agropecuaria debe cumplir con las siguientes condiciones: 1. Produce bienes agrícolas, forestales, pecuarios, acuícolas. 2. Tiene un único productor/a natural o jurídico que asume la responsabilidad y los riesgos. 3. Utiliza al menos un medio de producción como construcciones, maquinaria, equipo y/o mano de obra en los predios que la integran (DANE, 2015, pp 20)

y 500 hectáreas (8,7% del área) y el 0,2% tiene entre 500 y 1.000 hectáreas (3,5% del área). En consecuencia, el 0,2% de las UPA tiene 1.000 hectáreas o más y representa el 73,8% del área rural dispersa. Si se realiza el cálculo de un tamaño promedio de UPA con el número de UPA censadas (2,9 millones), y el área de las UPA (108 millones de hectáreas), el tamaño promedio de la UPA para el año 2013 es de 37,24 hectáreas.

En cuanto a la propiedad, el Censo también informa que el 72,7% de los productores declararon tenencia propia de la UPA mientras que el 9,6% reportaron estar en arriendo. Así mismo, según DANE (2015b):

Los productores que son residentes en el área rural dispersa censada ocupaban alrededor de 30,3% del área censada del total de los productores; alrededor de 63,5% de productores residentes tenían UPA de menos de 5 ha y ocupaban el 4,2% de esta área; y el 91,9% tenían solo una UPA (p.36).

Un hecho histórico importante es que la proporción de UPA menores a 5 hectáreas se ha incrementado al menos en 8 puntos porcentuales en comparación con los censos anteriores de 1970 y 1960; pasando de 60% al 70%. Así mismo, las UPA de 5 a 10 hectáreas y 10 a 50 hectáreas han perdido participación dentro del total pasando del 13,5% al 10% y del 17 al 13%. En cuanto al área total censada, el 73% corresponde a unidades de más de 1.000 hectáreas, evidenciando un cambio sustancial respecto los censos anteriores donde dicha participación fue de 30%.

● **Maquinaria, riego, asistencia técnica y empleo de mano de obra**

De las UPA censadas dentro del área rural dispersa, sólo el 16,4% declaró tener maquinaria para el desarrollo de sus actividades agropecuarias. Existen zonas que acumulan buena parte de las UPA con existencia de maquinaria en el país; como es el caso de departamentos como Antioquia, Tolima, Santander, Cundinamarca y Huila, que en suma aportan el 41% de las UPA en el área rural dispersa que declararon tenerla. No obstante, más de la mitad de las unidades en estos departamentos, realizan su producción sin el empleo de maquinaria, estando ésta más presente en las unidades de mil hectáreas o más (49% de estas unidades). Solo el 11% de las unidades menores a 5 hectáreas, el 20,7% de las unidades entre 5 y 10 hectáreas y el 25,8% de las unidades entre 10 y 50 hectáreas, declararon tener maquinaria. Así mismo, el 68,6% de las UPA del área rural dispersa declaró tener maquinaria de uso agrícola (principalmente maquinaria liviana) mientras que el 34,8% declararon tenerla para el uso pecuario (igual proporción entre maquinaria liviana y pesada). Efectivamente, la mayor presencia relativa de maquinaria pesada de uso agrícola está en unidades de 50 hectáreas o más, mientras que desde las 10 hectáreas en adelante la presencia de maquinaria pesada de uso pecuario es mayor a la presencia de maquinaria liviana.

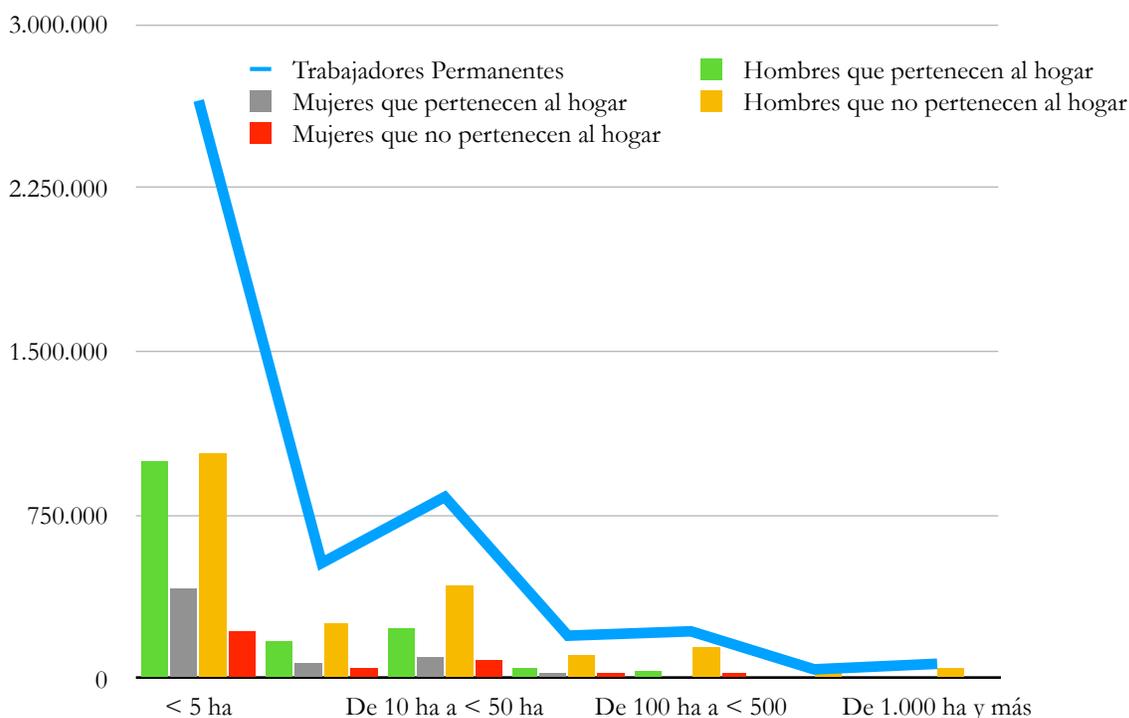
En cuanto al uso de riego para las actividades agropecuarias, el 33,3% de las UPA declararon utilizarlo; Nariño, Tolima, Cauca, Santander y Cundinamarca son los departamentos que logran acumular el mayor uso de este recurso; aunque departamentos de la costa atlántica y el Meta tienen mayor representación de UPA con riego que sin él. Las UPA de 50 o más hectáreas son las que tienen mayor o igual proporción de unidades con riesgo que sin él.

La asistencia técnica parece también tener baja presencia en las UPA, solo el 16,5% de las unidades declararon recibirla siendo los departamentos productores de café como Tolima y Quindío, y el Valle del Cauca y Cauca los de mayor proporción de asistencia técnica. Aquí el patrón de distribución parece ser un poco diferente; ya que tanto las unidades de entre 5 y 10 hectáreas como

las de menos de 5 hectáreas reportan recibir mayor asistencia técnica en comparación con las grandes unidades de producción agropecuaria.

El censo también indagó por la mano de obra en las UPA en los últimos treinta días previos a la entrevista, encontrando 4,5 millones de trabajadores/as permanentes; de los cuales 3,5 millones (77,4 %) son hombres y 1,0 millones (22,6 %) son mujeres. De los 4,5 millones el 45,9% (2,1 millones) corresponde a personas que pertenecen al hogar del productor y 2,4 millones de personas (54,1%) que no pertenecen al hogar del productor. Lo que indicaría, que al rededor del 45,9% de las UPA podrían ser consideradas de agricultura familiar. El número de trabajadores permanentes desciende en cuanto aumenta el área de la UPA, siendo las unidades pequeñas las mayores generadoras de trabajo tanto propio del hogar-productor como foráneo (Gráfica 2).

Gráfica 2. Número de trabajadores permanentes en las UPA que pertenecen o no al hogar del productor y número promedio de trabajadores/as, según tamaño de la UPA



Fuente: DANE (CNA).

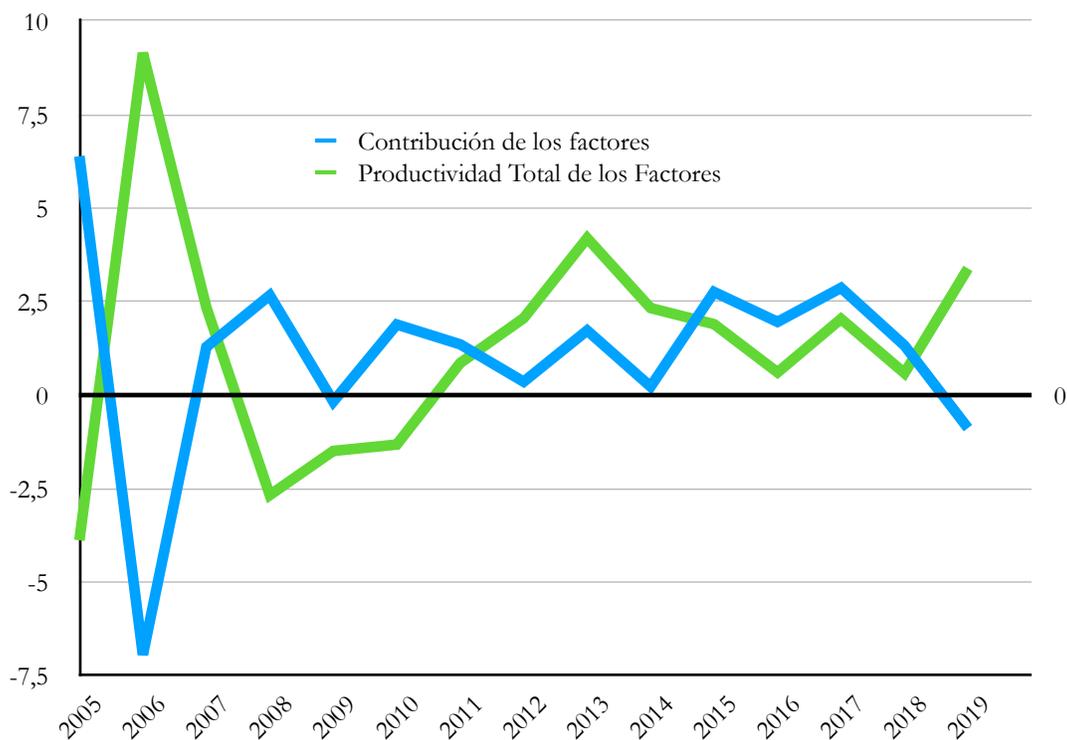
Una estimación de unidades productivas agropecuarias con características de agricultura familiar es la realizada por Gafaro et al. (2019), refiriéndose a “unidades productivas agropecuarias con una extensión máxima de una Unidad Agrícola Familiar (UAF) promedio municipal y una participación de trabajo familiar de más del cincuenta por ciento del total de trabajadores permanentes de la finca,” según estos autores, el 56% de las unidades productivas en Colombia podría clasificarse como

de agricultura familiar²⁴. Estos autores estiman que las actividades predominantes en las fincas de agricultores familiares son el cultivos de Café, Frutas, Hortalizas y Tubérculos, Caña Panelera, Cereales y Cacao; además de actividades pecuarias relacionada con ganado Bovino y Porcino, principalmente.

c. Productividad Total de Factores (PTF) en el sector agropecuario

Recientemente el DANE publicó el cálculo de la Productividad Total de Factores en términos de su aporte al crecimiento del valor agregado bruto, a precios constantes, y en términos de su aporte al crecimiento de la producción a precios constantes, para el periodo 2005-2019p. Allí se entiende la productividad “una medida de todo crecimiento en PRODUCCIÓN que no se explica por aumentos en trabajo, capital o en cualquier otro insumo intermedio utilizado para producir”²⁵ (DANE, 2020b) . Estos cálculos indican que el sector agropecuario ha logrado mantener un aporte positivo de la productividad total de los factores al crecimiento; siendo contrario a la tendencia nacional donde su aporte es negativo en buena parte del tiempo calculado (Gráfica 3 y 4).

Gráfica 3. PTF Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca

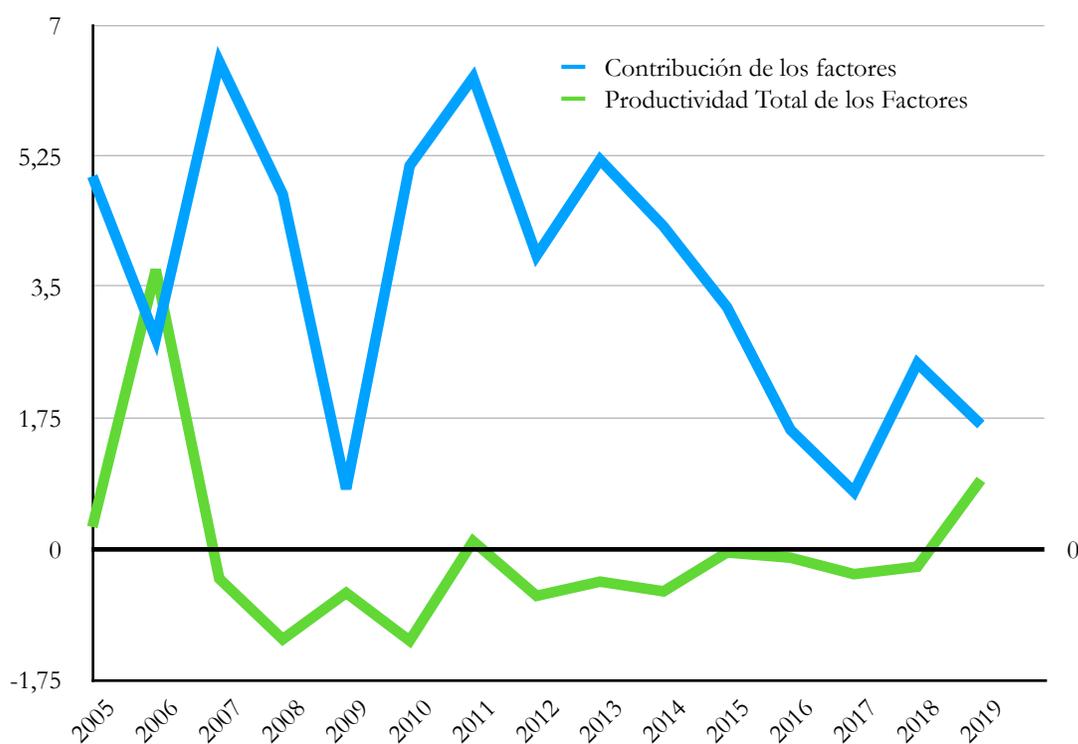


Fuente: DANE.

²⁴ En particular, definimos la agricultura familiar como un sistema de producción y organización gestionado por individuos que conviven en los territorios rurales del país, y que se basa en el desarrollo de actividades de producción, transformación y comercialización de bienes agropecuarios, con predominio de la mano de obra familiar Gafaro et al. (2019).

²⁵ Para el caso de la Productividad Total de Factores se define: $PTF = \text{PRODUCCION} - \text{laboral total} - \text{capital total} - \text{consumó intermedio total}$

Gráfica 4. PTF Total Economía Colombiana



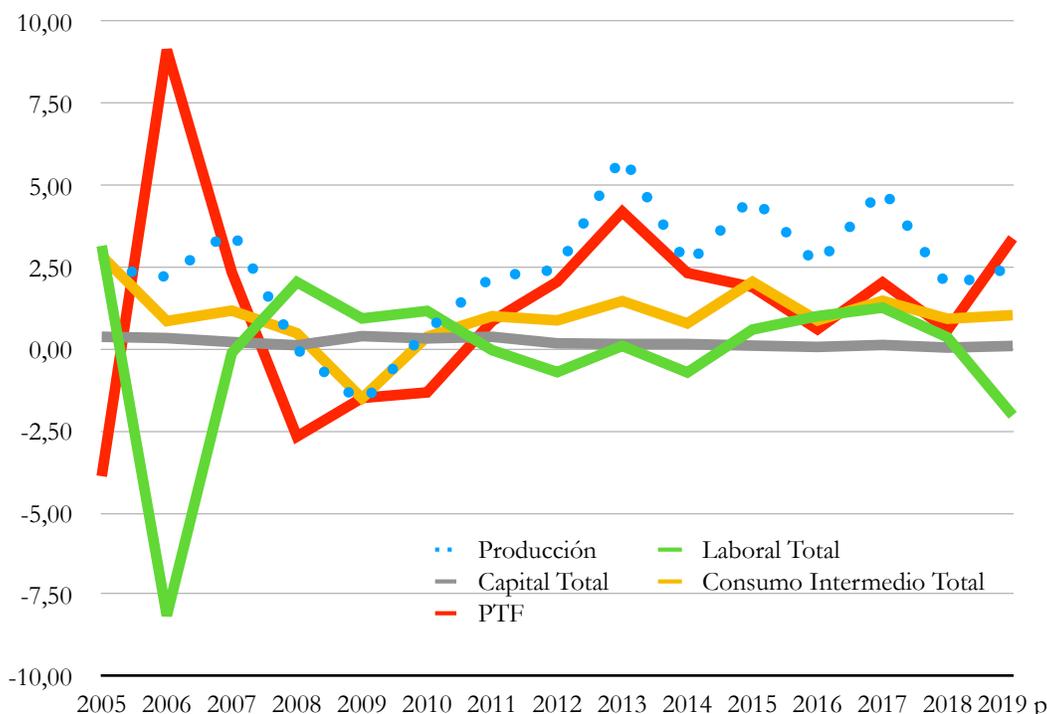
Fuente: DANE.

Este hallazgo refleja en parte las conclusiones documentadas por Storesletten et al. (2019) ante el declive de la agricultura:

primero, a medida que disminuye el empleo en la agricultura, la intensidad de capital en la agricultura aumenta más rápidamente que en el resto de la economía, segundo, la productividad laboral crece más rápidamente en la agricultura que en el resto de la economía y tercero, a medida que cae la participación del valor agregado real en la agricultura, también lo hace el precio relativo de los productos agrícolas. En las economías con una gran participación del empleo en la agricultura, la brecha de productividad entre la agricultura y la no agricultura suele ser muy grande. Esta brecha se reduce a medida que se desarrollan las economías. (p.6)

Ahora bien, desde el año 2008 la PTF es la principal fuente de crecimiento de la actividad agropecuaria, acompañada de una estabilidad en los factores capital (donde se contabiliza la tierra) y el consumo intermedio, siendo este más volátil que el capital, aunque ambos con aportes positivos al crecimiento. En cuanto a los aportes de la fuerza laboral, esta parece tener una tendencia al decrecimiento en el último año y mantiene un aporte negativo durante buena parte del periodo (Gráfica 5). Además, la tendencia de los aportes del factor trabajo al crecimiento parece ser la que jalona el comportamiento total en el aporte de los factores de producción en agregado.

Gráfica 5. Productividad del Sector Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca



Fuente: DANE.

d. Eficiencia técnica en el sector agropecuario

Así mismo, autores como Rojas (2019) han estimado la productividad (eficiencia productiva) agrícola para algunas agrupaciones de cultivos de cereales, agroindustriales y frutales en Colombia. Es decir, Rojas (2019) estimó el producto actual relativo al producto potencial o al de las mejores prácticas usando fronteras estocásticas de eficiencia técnica. Como lo menciona el autor, con este método es posible filtrar por la heterogeneidad espacial, en particular las características particulares de producción asociadas al territorio. El autor estima que los cultivos agroindustriales²⁶ tienen los porcentajes de eficiencia relativa más altos registrando desde 58.3% en cacao a 76.4% en caña de azúcar, destacando la posibilidad de mejora para superar el 80%. En cuanto a otros productos, Rojas (2019) encuentra una dispersión mayor en la eficiencia relativa de los frutales; destacando un rango desde 18.6% en la agrupación de otros frutales y 57% en la producción de banano de exportación. Así mismo, para las hortalizas, verduras y leguminosas, la estimación va desde 31% en el caso del aguacate y un 45% en hortalizas, verduras y legumbres. “La cuantificación de la eficiencia técnica permitió evidenciar que existe un amplio margen de maniobra en la vía de aumentar la eficiencia en el sector agrícola del país” (Rojas, 2019, p. 43).

²⁶ “La agrupación de productos agrícolas a ser analizados es la siguiente: Cereales: arroz, maíz, otros; Agroindustriales: café, algodón, caña, palma, cacao y caucho; y Frutales: banano, cítricos, piña, aguacate, papaya y otros.” (Rojas, 2019, p. 52)

Rojas (2019) también realizó estimaciones econométricas para encontrar la relación entre la eficiencia y algunos factores espaciales (desde el territorio). Esto le permite concluir, entre otras cosas, que “el promedio educativo de los habitantes de la unidad productora agropecuaria (UPA) muestran una relación positiva con la eficiencia productiva, con excepción de los cultivos de café y palma donde no resultó significativa esta variable” (Rojas, 2019, p. 44). También, en cuanto al tamaño de las fincas, se observa que, “en general, la escala es un factor que incrementa la eficiencia productiva agrícola, dado que en la mayoría de los cultivos observados a medida que aumenta el tamaño de la finca se incrementa el efecto positivo sobre la eficiencia” (Rojas, 2019, p. 37).

Igualmente, Rojas (2019) plantea la necesidad de cambiar la senda del desarrollo rural con un modelo de desarrollo que permita darle al sector rural la importancia que merece. “Esto pasa por mejorar de manera significativa las opciones de educación y de formación para el trabajo, con calidad y pertinente, aumentar la provisión y acceso a bienes y servicios públicos, y una mejor distribución de los factores productivos” (Rojas, 2019, p. 4).

e. El sector agropecuario en el ciclo económico colombiano (2002-2019)

Se considera que una variable es procíclica si presenta correlaciones positivas respecto a la producción total, acíclico si la variable no está correlacionada con la producción y anticíclico si la correlación es negativa (Sims, 2018). De acuerdo con la literatura enunciada en el numeral b. del Capítulo 1, y a la aún significativa participación del empleo agropecuario colombiano dentro del total de ocupados, se esperaría que el empleo agropecuario en Colombia se muestre anticíclico, el número de ocupados totales tienda a ser acíclico y que el empleo del sector agropecuario tuviese una correlación negativa con el empleo no agropecuario, como se evidenció para Grecia, Turquía y Portugal (transformación estructural) o a menos no correlacionado como es el caso de Estados Unidos. Los tres rasgos esperados se cumplen en el caso colombiano (Tabla 2). Nótese también que el empleo agropecuario no está estrechamente correlacionado con la producción agropecuaria.

Tabla 2. Movimientos en el Ciclo Económico Colombiano (Correlaciones)

	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales.	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB Total
Empleo Agropecuario	1	-0,939	-0,825	-0,018	-0,217	-0,215
Empleo no Agropecuario		1	0,969	0,089	0,335	0,337
Ocupados Totales			1	0,134	0,395	0,400
V.A. Agropecuario				1	0,125	0,206
V.A. no Agropecuario					1	0,997

	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales.	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB Total
PIB. Total						1

Para separar el componente cíclico de la tendencia en las series de valor agregado se usó el filtro Hodrick y Prescott. Los cálculos corresponden al periodo 2002-2019 y el empleo sectorial se contabiliza como la participación dentro del total de la PEA.

En cuanto a la volatilidad, el empleo del sector agrícola se muestra más estable mientras que lo contrario ocurre con su valor agregado, como se esperaba de acuerdo con la literatura consultada (Tabla 3).

Tabla 3. Volatilidad del Empleo y el Producto (Desviación Estándar)

	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB Total
Desv. Colombia	1,29	2,95	1,79	2,11	1,66	1,58
Desv/Desv PIB Colombia	0,82	1,87	1,14	1,34	1,05	1,00

Los cálculos corresponden al periodo 2002-2019.

En el objetivo de representar la economía colombiana en un modelo DSGE, para así recrear las propiedades del ciclo económico colombiano, el modelo base calibrado resultará útil si refleja: (a) la importancia del sector agropecuario en el empleo y generación de valor agregado y (b) reproduce estos movimientos y volatilidad para las variables observadas. También, deberá tener como marco de referencia las características enunciadas para la producción agropecuaria.

Capítulo 3. Modelo que describirá de forma simplificada y aproximada la economía colombiana

a. Producción, trabajo, consumo, acumulación de capital y naturaleza de los choques aleatorios que generan las fluctuaciones en la economía

Para modelar los efectos de choques técnicos aleatorios en la producción agrícola, tanto en las fluctuaciones agregadas de la economía como en su propia dinámica sectorial, propongo seguir el modelo estructurado por Da-Rocha y Restuccia (2006). Este modelo dinámico y estocástico de equilibrio general (DSGE), contempla la perturbación estocástica o choque como el impulsador de las fluctuaciones. En este caso particular podremos observar las alteraciones en la volatilidad del producto agregado, la volatilidad del empleo, la dirección y movimiento conjunto entre sectores y la correlación del empleo y el producto sectorial y agregado.

Se considera entonces una economía cerrada de dos sectores en un modelo de ciclo real. Cada sector $i \in [a, n]$, donde (a) denota el sector agrícola y (n) el sector no agrícola, produce un bien en cada periodo del tiempo (t). Esta distinción permitirá concluir respecto a la importancia del tamaño del sector agrícola en las fluctuaciones agregadas.

La tecnología en cada sector está definida por una función de producción *Cobb-Douglas* de rendimientos constantes a escala, que incluye un parámetro (λ) de tecnología invariable en el tiempo, y una tasa exógena de crecimiento de la productividad ($\gamma \geq 1$).

Ambos sectores requieren como insumo el trabajo (H) y el capital físico (K). En la agricultura se requiere de otro insumo que es la tierra (T) que se mantendrá fija inicialmente; las funciones de producción sectorial se representan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Y_{n,t} &= \gamma_n^t \lambda_n e^{z_{n,t}} K_{n,t}^\theta H_{n,t}^{1-\theta} \\ Y_{a,t} &= \gamma_a^t \lambda_a e^{z_{a,t}} K_{a,t}^\mu H_{a,t}^\phi T^{1-\mu-\phi} \end{aligned}$$

Cada función de producción, en cada periodo, es afectada por un choque de tecnología z que sigue un proceso auto-regresivo descrito por el vector:

$$z_{t+1} = \rho z_t + \varepsilon_{t+1} \quad (1)$$

Donde $z = [z_n, z_a]'$ es un vector con los choques tecnológicos del sector agrícola y no agrícola y ε sigue una distribución normal con media 0 y matriz de varianzas y covarianza Ω . ρ es el nivel de persistencia del choque en el tiempo.

Las realizaciones de estos choques aleatorios no son conocidas por los agentes del modelo, pero sí pueden ser precedidas en función de su valor esperado ya que se conoce su distribución estadística. Los choques de tecnología vinculados a la producción sectorial se convierten entonces en el origen de las fluctuaciones o ciclos que representará el modelo.

Ahora bien, el producto en el sector no agrícola Y_n puede ser asignado en consumo del producto no agrícola C_n o invertido en capital físico X ,

$$C_{n,t} + X_t \leq Y_{n,t} \quad (2),$$

y el producto del sector agrícola Y_a sólo puede ser consumido en el sector agrícola C_a ,

$$C_{a,t} \leq Y_{a,t} \quad (3)$$

Este supuesto, a priori altamente restrictivo, implicaría que aquellos sectores que usan productos agrícolas como insumo de producción, también harían parte del sector agrícola²⁷.

Esta característica del modelo implica también que el sector agrícola no produce bienes de inversión, de manera tal que “los choques tecnológicos no solo inducen la inversión para suavizar el consumo agregado a lo largo del tiempo, sino que también inducen una reasignación de los insumos de factores entre sectores” (Da-Rocha y Restuccia, 2002). Según estos autores, el costo / beneficio relativo del intercambio entre decisiones intra e intertemporales depende de manera crucial de la productividad relativa del sector agrícola.

Las existencias de capital físico siguen una ecuación estándar de acumulación y pueden ser asignadas para cualquier sector:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + X_t, \quad K_{n,t} + K_{a,t} \leq K_t,$$

La economía se conforma por hogares idénticos de manera que pueden ser representados en un solo agente; y su población aumenta a una tasa exógena η . La población inicial puede ser normalizada para que sea “1” en el primer periodo.

Las preferencias del hogar representativo están definidas por la secuencia de consumo per-cápita C_t/L_t y el ocio $(1 - h_t)$, de cada periodo, para cada integrante del hogar, descrita por

$$\sum_{i=0}^{\infty} \beta^i u \left(\frac{C_t}{L_t}, 1 - h_t \right) L_t.$$

β_t es el factor de descuento para el consumo en periodos diferentes al inicial y h_t son las horas trabajadas por el hogar. La función de utilidad para cada hogar en cada periodo está definida como:

$$u \left(\frac{C_t}{L_t}, (1 - h_t) \right) = b \log \left(\frac{C_t}{L_t} \right) + (1 - b) \log(1 - h_t),$$

Así mismo, el consumo agregado para cada periodo del tiempo se define como:

$$C_t = [a C_{n,t}^e + (1 - a) C_{a,t}^e]^{\frac{1}{e}}.$$

Donde e es la elasticidad de sustitución entre el producto agrícola y no agrícola.

Suponemos que los agentes toman las decisiones de producción, consumo, trabajo, ocio en cada período t , en función de toda la información disponible en ese momento sobre la naturaleza de choques de productividad de cada sector y el stock de capital agregado al inicio del periodo t . La naturaleza de los choques se refiere en este caso a su comportamiento auto regresivo y la distribución en torno a una media y su varianza y covarianza (Ecuación 1).

Cada integrante del hogar tiene una dotación de una unidad productiva en cada periodo del tiempo. La dotación de tiempo se normaliza para ser “uno” de manera que $l_t = 1 - h_t$. Es decir, los individuos pueden proporcionar cualquier nivel de empleo en el intervalo $[0,1]$. Para la representación del trabajo en cada sector se asume que las horas trabajadas son indivisibles: un trabajador trabaja en cada sector un número positivo de horas o no trabaja en lo absoluto; no puede trabajar un número intermedio de horas (Hansen, 1985). Lo anterior introduce una no convexidad en el espacio de elección en sólo dos niveles de ocio: un nivel correspondiente a trabajar a tiempo completo y el otro correspondiente a no trabajar en absoluto. Para evitar no convexidad, que implicaría que la solución del problema del agente representativo no pueda respaldarse como un equilibrio competitivo, Hansen (1985), propuso volver convexas las posibilidades de decisión

²⁷ Desde el 2005, la participación de la industria de alimentos y bebidas (quienes consumen en gran parte la producción agropecuaria de Colombia) dentro del total de la producción no agrícola, es del 3,89%. Suponemos entonces que este supuesto no se convierte en una restricción para describir la economía colombiana a través de este modelo.

introduciendo la elección de loterías en lugar de horas trabajadas, siguiendo a Rogerson (1984); por lo tanto, cada período, en lugar de elegir horas de trabajo, los hogares eligen una probabilidad de trabajar. Esto implica dentro del modelo que gran parte de las fluctuaciones se deben a cambios en el empleo y no en las horas trabajadas (Da-Rocha y Restuccia, 2002).

Suponemos que con una probabilidad π_n el hogar trabaja \bar{h}_n horas en el sector no agrícola, con una probabilidad π_a el hogar trabaja \bar{h}_a horas en la agricultura, y con una probabilidad $(1 - \pi_n - \pi_a)$, el hogar no trabaja. La solución a este modelo implica que estas probabilidades laborales son iguales a la participación del empleo de cada sector y del desempleo respecto a la población. Además, implica que las fluctuaciones en las horas agregadas son el resultado de que las personas ingresen a trabajar o dejen de emplearse, en lugar de un ajuste en el número de horas trabajadas (margen extensivo). Así las cosas, se hace posible que se obtenga el equilibrio competitivo resolviendo un problema de programación cóncavo. En equilibrio, π_t^n es la participación de la fuerza laboral del sector no agrícola, π_t^a es la participación de sector agrícola y el residuo $(1 - \pi_t^n - \pi_t^a)$ es la tasa de desempleo.

b. Definición del equilibrio óptimo que garantiza el equilibrio general en cada periodo del tiempo (t)

Estas reglas de decisión de equilibrio son un conjunto de ecuaciones de diferencia estocástica a partir de las cuales se pueden determinar las propiedades estadísticas de las series de tiempo generadas por las economías artificiales (Hansen, 1985). Se trata entonces de hallar una trayectoria estable donde para cada nivel del stock de capital hay un solo valor que puede tomar el consumo y la asignación de capital y trabajo entre sectores, de manera que la economía converja al estado estacionario óptimo.

Dado que no hay externalidades o distorsiones en nuestro modelo y que la elección establecida con las loterías para el trabajo es convexa, con una función de utilidad cóncava, seguiremos la indicación normativa de los teoremas de bienestar para buscar la solución del planificador central que coincide con la que resultaría de una economía competitiva descentralizada. El equilibrio obtenido al vaciar los mercados de bienes resulta ser un óptimo en el sentido de Pareto²⁸.

Así mismo, para describir el problema del planificador y su solución, es conveniente adoptar una estructura recursiva e iterativa y escribir el problema en términos de unidades de eficiencia laboral. Para este fin, se propone dividir las variables que crecen por el tamaño de la población y el nivel de productividad exógena en cada periodo del tiempo (Da-Rocha, Restuccia, 2006).

A inicio del periodo las variables estado para el planificador son los choques de productividad en cada sector y el stock de capital agregado K_t . El planificador tomará decisiones de consumo en el sector no agrícola, inversión en capital físico y la asignación de capital y trabajo en ambos sectores basado en el valor esperado de la realización de un choque independiente e idénticamente (i.i.d.) distribuido en el sector agrícola y no agrícola.

Dado que el planificador central no conoce cuáles serán las realizaciones de $z_t = [z_n, z_a]'$ en el futuro, escogerá planes contingentes en función de z_t de $y_{a,t}, y_{n,t}, c_{a,t}, c_{n,t}, k_{a,t}, k_{n,t}, \pi_{a,t}, \pi_{n,t}, k$, y que resuelvan la maximización de la utilidad esperada sujeta a las restricciones mencionadas, así:

²⁸ “Una asignación es eficiente en el sentido de Pareto cuando no es posible mejorar el bienestar de todos los agentes. En otras palabras, una asignación es eficiente en el sentido de Pareto cuando uno de los agentes disfruta del mayor bienestar posible, dadas las utilidades de los demás”.

$$\max_{y_{a,t}, y_{n,t}, c_{a,t}, c_{n,t}, k_{a,t}, k_t, \pi_{a,t}, \pi_{n,t}, k_{n,t}, y} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \hat{\beta}^t \left\{ \frac{b}{e} \log[a c_n^e + (1-a)c_a^e] + (1-b)[\pi_n \log(1 - \bar{h}_n) + \pi_a \log(1 - \bar{h}_a)] \right\}$$
 Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned}
 y_{n,t} &= \lambda_n e^{z_{n,t}} k_{n,t}^\theta (\bar{h}_n \pi_{n,t})^{1-\theta} & (\lambda_t^1) \\
 y_{a,t} &= \lambda_a e^{z_{a,t}} T^{1-\mu-\phi} k_{a,t}^\mu (\bar{h}_a \pi_{a,t})^\phi & (\lambda_t^2) \\
 k_t &= k_{a,t} + k_{n,t} & (\lambda_t^3) \\
 c_{n,t} - k_{t-1} (1 - \delta) + \eta \gamma k_t &= y_{n,t} & (\lambda_t^4) \\
 c_{a,t} &= y_{a,t} & (\lambda_t^5)
 \end{aligned}$$

El ejercicio de optimización resuelto implica las siguientes condiciones de primer orden:

$$\begin{aligned}
 -\lambda_t^2 + \lambda_t^5 &= 0 & (y_{a,t}) \\
 -\lambda_t^1 + \lambda_t^4 &= 0 & (y_{n,t}) \\
 -\lambda_t^5 + b(1-a)(a c_{n,t}^e + (1-a)c_{a,t}^e)^{-1} c_{a,t}^{-1+e} &= 0 & (c_{a,t}) \\
 -\lambda_t^4 + ab(a c_{n,t}^e + (1-a)c_{a,t}^e)^{-1} c_{n,t}^{-1+e} &= 0 & (c_{n,t}) \\
 -\lambda_t^3 + \beta(1-\delta) E_t [\lambda_{t+1}^4] - \eta \gamma \lambda_t^4 &= 0 & (k_t) \\
 \lambda_t^3 + \lambda_a \mu \lambda_t^2 e^{z_{a,t}} T^{1-\mu-\phi} k_{a,t}^{-1+\mu} (\bar{h}_a \pi_{a,t})^\phi &= 0 & (k_{a,t}) \\
 \lambda_t^3 + \lambda_n \theta \lambda_t^1 e^{z_{n,t}} k_{n,t}^{-1+\theta} (\bar{h}_n \pi_{n,t})^{1-\theta} &= 0 & (k_{n,t}) \\
 \log(1 - \bar{h}_a) (1 - b) + \bar{h}_a \lambda_a \phi \lambda_t^2 e^{z_{a,t}} T^{1-\mu-\phi} k_{a,t}^\mu (\bar{h}_a \pi_{a,t})^{-1+\phi} &= 0 & (\pi_{a,t}) \\
 \log(1 - \bar{h}_n) (1 - b) + h_n \lambda_n \lambda_t^1 e^{z_{n,t}} (1 - \theta) k_{n,t}^\theta (\bar{h}_n \pi_{n,t})^{-\theta} &= 0 & (\pi_{n,t})
 \end{aligned}$$

Se denomina condición de estabilidad a la función que establece el valor que debe tomar cada variable control como función de la variable de estado (el capital), para que la economía se sitúe en la trayectoria estable (Sims, 2018). Se necesitan tantas condiciones de estabilidad como variables de control haya en el modelo. En este caso, el planificador central tiene control directo y discrecional de 10 variables control, y el sistema tiene dos variables exógenas de choque tecnológico. Se encontrará entonces la trayectoria óptima de cada variable control y de la variable estado que corresponde a la maximización de la utilidad del hogar representativo.

Las condiciones de primer orden que caracterizan el equilibrio:

$$\begin{aligned}
 y_{a_t} - c_{a_t} &= 0 & (1) \\
 \lambda_a e^{z_{a,t}} T^{1-\mu-\phi} k_{a_t}^\mu (\bar{h}_a \pi_{a_t})^\phi - y_{a_t} &= 0 & (2) \\
 \lambda_n e^{z_{n,t}} k_{n_t}^\theta (\bar{h}_n \pi_{n_t})^{1-\theta} - y_{n_t} &= 0 & (3) \\
 \log(1 - h_n) (1 - b) + k_{n_t}^\theta (1 - \theta) e^{z_{n,t}} \lambda_n h_n b a (a c_{n_t}^e + (1-a)c_{a_t}^e)^{(-1)} c_{n_t}^{e-1} (\bar{h}_n \pi_{n_t})^{(-\theta)} &= 0 & (4) \\
 (1 - b) \log(1 - h_a) + k_{a_t}^\mu T^{1-\mu-\phi} (a c_{n_t}^e + (1-a)c_{a_t}^e)^{(-1)} (1 - a) e^{z_{a,t}} \phi \lambda_a h_a b c_{a_t}^{e-1} (\bar{h}_a \pi_{a_t})^{\phi-1} &= 0 & (5) \\
 (\bar{h}_n \pi_{n_t})^{1-\theta} c_{n_t}^{e-1} (a c_{n_t}^e + (1-a)c_{a_t}^e)^{(-1)} e^{z_{n,t}} \theta \lambda_n b (-a) k_{n_t}^{\theta-1} + (\bar{h}_a \pi_{a_t})^\phi c_{a_t}^{e-1} T^{1-\mu-\phi} (a c_{n_t}^e + (1-a)c_{a_t}^e)^{(-1)} (1 - a) e^{z_{a,t}} \mu \lambda_a b k_{a_t}^{\mu-1} &= 0 & (6) \\
 \epsilon_{a_t} - z_{a_t} + \rho a z_{a_{t-1}} &= 0 & (7) \\
 \epsilon_{a_t} - z_{n_t} + \rho n z_{n_{t-1}} &= 0 & (8) \\
 k_{n_t} + k_{a_t} - k_t &= 0 & (9) \\
 b a \beta (1 - \delta) E_t \left[(a c_{n_{t+1}}^e + (1-a)c_{a_{t+1}}^e)^{(-1)} c_{n_{t+1}}^{e-1} \right] - b a \eta \gamma (a c_{n_t}^e + (1-a)c_{a_t}^e)^{(-1)} c_{n_t}^{e-1} + a b \theta e^{z_{n,t}} \lambda_n (a c_{n_t}^e + (1-a)c_{a_t}^e)^{(-1)} k_{n_t}^{\theta-1} c_{n_t}^{e-1} (h_n \pi_{n_t})^{1-\theta} &= 0 & (10) \\
 y_{n_t} - c_{n_t} + (1 - \delta) k_{t-1} - k_t \eta \gamma &= 0 & (11) \\
 y_t - y_{a_t} - y_{n_t} &= 0 & (12)
 \end{aligned}$$

c. Metodología de calibración de los parámetros para el Modelo Base (M.B.)

Con el objeto de elegir los valores de los parámetros que permitirán al modelo reflejar el comportamiento de la economía colombiana, sigo la metodología de calibración empleado por Da-Rocha y Restuccia (2006). Primero calculo una serie de parámetros sin resolver el modelo utilizando información directa de la economía colombiana, tal y como dichos autores hicieron para la economía de Estados Unidos. Luego, tomo de la literatura algunos parámetros calculados por otros autores. Así las cosas, en el caso del crecimiento exógeno de la población (η), tomé los datos del DANE consignados en las estimaciones de población desde 1985 hasta el 2005 y sus proyecciones; así mismo, para calcular la tasa de crecimiento exógena de la productividad (γ), calculo el crecimiento promedio anual del producto interno bruto per-capita en pesos constantes (Tabla 4). En cuanto al parámetro de participación del capital en ingreso del sector no agrícola (θ), sigo la estimación realizada y usada por Jaramillo et al., 2019 para las empresas de la Encuesta Anual Manufacturera: 0,3.

Tabla 4. Parámetros Calculados para la Economía Colombiana (sin resolver el modelo)

Parámetro	Nota_ ción	Metodología de Cálculo	Fuente para el cálculo o del parámetro encontrado	Valor M. Base
Horas Agrope.	\bar{h}_n	Promedio de horas efectivas trabajadas a la semana.	DANE: Productividad Total de los Factores. Aporte al crecimiento de la producción (%)	0,27-0,33
Tasa de crecimiento de la población	η	Tasa de crecimiento bruta.	DANE: Estimaciones 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total municipal por área.	1,0176
Crecimiento exógeno de la productividad	γ	Tasa de crecimiento bruta del [PIB/ Población Total]. 2005-2019	DANE: PIB a precios encadenados 2005.	1,0275
Part. capital en el ingreso no Agrope.	θ	En una función de producción <i>Cobb-Douglas</i>	Jaramillo et al, (2019)	0,3
Part. capital en el ingreso Agrope.	μ	En una función de producción <i>Cobb-Douglas</i>	Hamann et al, (2019) citando a Fan et al (2002).	0,38
Tecnología invariable no Agrope y Tierra	T, λ_n	Normalización	Da-Rocha, Restuccia, 2006	1
Horas No Agrope	\bar{h}_a	Promedio de horas efectivas trabajadas a la semana.	DANE: Productividad Total de los Factores. Aporte al crecimiento de la producción (%)	0,26-0,31

Fuente: DANE, cálculos propios

Otra serie de parámetros son elegidos de manera que en el estado estable el modelo describa comportamientos de estadísticas de los datos de Colombia: tasa de empleo promedio del 89% de la población (Ocupados / Población Económicamente Activa), inversión en relación al producto del 23%, calculada en este caso como la participación de la formación bruta de capital en el PIB, la participación del capital en el PIB (2,124), participación del empleo agropecuario dentro del total (16% sobre la Población Económicamente Activa (PEA)) y participación del Valor Agregado Agropecuario (VAA) sobre el PIB total (6,54%). Los parámetros elegidos para el Modelo Base y el objetivo que se procuró son mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros para Reflejar la Economía Colombiana en el Estado Estable

Parámetro a Calibrar	Notación	Objetivo	Valor M. Base
Tasa de depreciación	δ	Formación bruta de capital/ PIB = 23%	0,12
Factor de descuento consumo intertemporal	β	Capital-ouput-radio 2,124	0,9895
Crecimiento exógeno de la productividad Agrope.	λ_a	Participación Agrope en el PIB $y_a/y = 0,07$	0,24
Preferencia por el bien de producción no agrícola	a	Participación Agrope en el empleo $\pi_a = 0,16$	0,53
Ponderación del consumo en la utilidad	b	Tasa de empleo $\pi_a + \pi_n = 0,89$	0,27
Elasticidad de sustitución entre bien agropecuario y no agropecuario	e	Participación Agrope en el PIB $y_a/y = 0,07$,	0,35
Part. Trabajo en el ingreso Agrope.	ϕ	Participación Agrope dentro de la PEA $\pi_a = 0,16$	0,54

Fuente: DANE, cálculos propios

Nótese que en el modelo calibrado para Colombia, la participación del empleo en el ingreso agrícola (ϕ), es bastante alta, lo que implicaría, siguiendo a Eberhardt y Vollrath (2018), que la transición del empleo desde la agricultura a la industria será menor (más lenta) y se pueden producir menos productos no agrícolas adicionales en respuesta. Así mismo, la participación del capital dentro del ingreso agropecuario es más alta que la del ingreso no agropecuario, esto según los parámetros μ y θ y encontrados en Hamann et al, (2019), lo que refuerza la idea de Storesletten et al. (2019) de que “a medida que el sector agrícola se reduce de tamaño y emplea una proporción cada vez menor de la fuerza laboral, [...] la relación capital-producto como la relación capital-trabajo crecen más rápidamente en la agricultura que en el resto de la economía”. No obstante, si Colombia muestra ya un sector agropecuario intensivo en capital y mano de obra, parece ser la utilización de la tierra la que podría estar impidiendo un mejor rol del sector agropecuario en el ciclo económico y el proceso de transformación estructural. Esta posibilidad se abordará en el siguiente capítulo.

d. Resultados del Modelo Base en la descripción de la economía colombiana

La calibración del modelo tiene como objetivo el que refleje los movimientos y la volatilidad de las series de datos observados en la economía colombiana. La Tabla 6 realiza la comprobación de la capacidad del Modelo Base (M.B.) de reflejar los rasgos de la economía colombiana (Col) en cuanto a las correlaciones calculadas entre las series. Notamos que el modelo logra reflejar los movimientos (mismo signo en las correlaciones) priorizados como de los rasgos más significativos: correlación de la participación del empleo agropecuario y el PIB total, correlación de los ocupados totales (suma de la participación del empleo de cada sector) y el PIB total, cercanía del valor no agropecuario y el PIB total, correlación del valor agropecuario y el PIB total y correlación del valor agregado de los dos sectores. Por otra parte, el modelo muestra falencias en reflejar la relación del valor agregado agropecuario con el empleo agropecuario, el empleo no agropecuario y los ocupados totales.

Tabla 6. Movimientos Calculados en los Datos y en la Simulación del Modelo Base

Correlación	Empleo Agrope.		Empleo no Agrope.		Ocupados Totales		V.A. Agrope.		V.A. no Agrope.		PIB Total	
	Col	M.B.	Col	M.B.	Col	M.B.	Col	M.B.	Col	M.B.	Col	M.B.
Empleo Agrope.	1,000	1,000	-0,939	-0,413	-0,825	-0,270	-0,018	<i>0,862</i>	-0,217	-0,407	-0,215	-0,311
Empleo no Agrope.			1,000	1,000	0,969	0,988	0,089	<i>-0,228</i>	0,335	0,759	0,337	0,726
Ocupados Totales					1,000	1,000	0,134	<i>-0,097</i>	0,395	0,734	0,400	0,716
V.A. Agrope.							1,000	1,000	0,125	0,053	0,206	0,158
V.A. no Agrope.									1,000	1,000	0,997	0,995
PIB Total											1,000	1,000

El empleo de cada sector se representa por la participación que tiene dentro de la Población Económicamente Activa (PEA) mientras que los datos de valor agregado y PIB corresponden a las cifras en Ln ajustadas por el filtro HP. Cálculos propios.

Así mismo, la economía representada en el Modelo Base reproduce de forma cercana la volatilidad medida por la desviación estándar del valor agregado de los dos sectores y el PIB total; aunque no logra aproximarse de la misma manera a la volatilidad observada en los datos de empleo sectorial y total, reflejándose mayor estabilidad en el empleo respecto a la realidad de la economía colombiana (Tabla 7).

Tabla 7. Volatilidad Datos Observados y en la Simulación del Modelo Base

Desviación Estándar Calculada	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB Total
Desv. Colombia	1,29	2,95	1,79	2,11	1,66	1,58
Desv/Desv PIB Colombia	0,82	1,87	1,14	1,34	1,05	1,00
Desv. Model B	0,10	0,61	0,58	2,16	1,63	1,53
Desv/Desv PIB Model B	0,06	0,40	0,38	1,41	1,07	1,00

El empleo de cada sector se representa por la participación que tiene dentro de la Población Económicamente Activa (PEA) mientras que los datos de valor agregado y PIB corresponden a las cifras en Ln ajustadas por el filtro H-P. Cálculos propios.

En cuanto a la capacidad del Modelo Base de reflejar la relevancia del sector agrícola en el agregado tanto en empleo como valor agregado, el modelo refiere una fidelidad a los datos observados, tal y como fue el propósito de la calibración de los parámetros. Para la participación de la inversión y el capital en el PIB, el modelo también se acerca a lo observado en la economía colombiana (Tabla 8).

Tabla 8. Composición de la Economía Colombiana y Representación en el Modelo Base

	Modelo Base	Colombia
Tasa de Empleo	89,1 %	89,0 %
Part%. Empleo Agropecuario	15,7 %	16,0 %
Part%. Empleo no Agropecuario	73,4 %	73,0 %
Part%. Valor Agregado Agropecuario	7,4 %	7,0 %
Part%. Valor Agregado no Agropecuario	92,6 %	93,0 %
Inversión en relación al PIB	25,3 %	23,8 %
Capital en relación al PIB	210,7 %	212,4 %

Fuente: Dane, cálculos propios.

Es importante resaltar que el modelo calibrado exhibe una gran diferencia en los parámetros tecnológicos (PTF) de los dos sectores $\lambda_a = 0,24$, $\lambda_n = 1$ y un ingreso agropecuario distribuido mayoritariamente en la mano de obra $\phi = 0,54$. Lo cual complementa el hecho de que en el sector agropecuario colombiano, el empleo y el valor agregado de este sector está correlacionado negativamente aunque en un valor más cercano a 0.

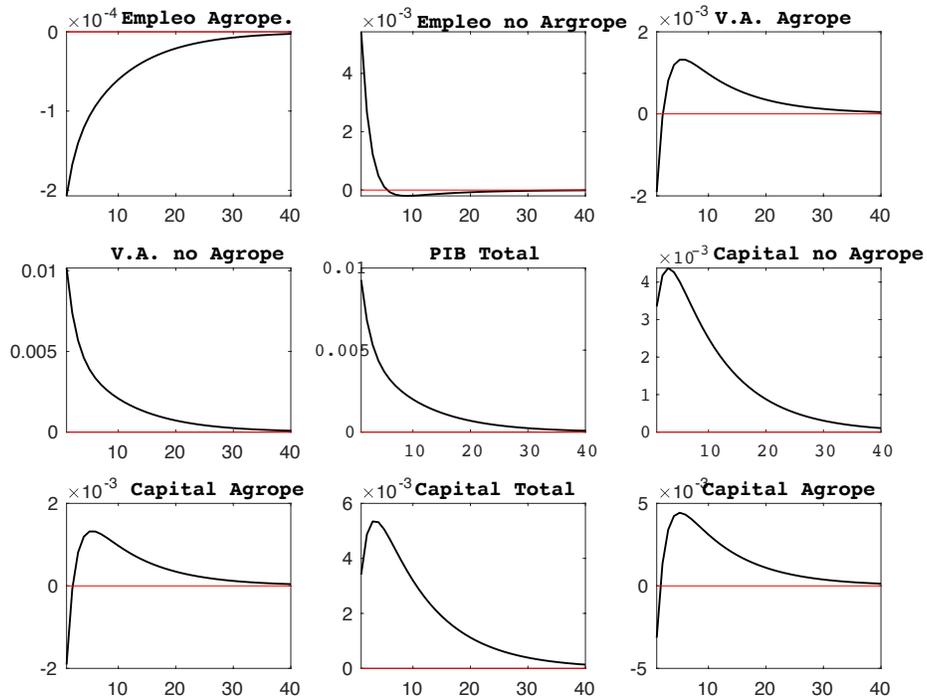
El modelo calibrado para la economía colombiana también permite observar cómo evolucionan las variables endógenas en el tiempo ante la presencia temporal de choques tecnológicos, que generan las fluctuaciones económicas dentro del modelo, en su transición al estado estable. Así se muestra la reacción de cada variable respecto a su valor de largo plazo y su posterior tránsito hasta alcanzar de nuevo este valor de estado estacionario: dónde las variables permanecerán estables (sin variaciones). Los choques en la Productividad Total de Factores se presentan, en este caso, uno a la vez y no están correlacionados de manera que afectan la decisión de los agentes y el sistema económico representado. Las gráficas que ilustran esta evolución se denominan de impulso respuesta y el valor de cero variación, donde las variables alcanzan su estado estable o valor de largo plazo, se mostrarán en el eje (0) ilustrado en rojo. Así mismo, el eje vertical corresponde a las unidades de cada variable: logaritmo natural para el caso del valor agregado, capital e inversión y puntos porcentuales en el empleo en el caso del empleo sectorial. El eje horizontal corresponde a los periodos (años).

Ante la presencia del primer choque modelado, el que afecta en la función de producción no agropecuaria ($z_{n,t}$), el modelo refleja una reducción de la participación del empleo agrícola respecto a su valor de estado estable con un aumento gradual posterior, también refleja un incremento en la participación del empleo no agrícola con su posterior reducción inmediata hacia el estado estable. En consecuencia, de lo anterior, y dado que el modelo de por sí, en presencia de los dos choques, ha correlacionado positivamente los aumentos en el empleo sectorial y su respectivo valor agregado, la generación de valor agregado agrícola en un primero momento se reduce, para luego incrementar rápidamente por encima del valor de estado estable y descender posteriormente de manera gradual hacia este. El valor agregado del sector no agrícola entonces aumenta de inmediato con el choque y luego se reduce de manera gradual (Gráfica 6a.). En suma, el valor agregado total (o PIB total) se incrementa respecto a su estado estable luego desciende gradualmente hacia este.

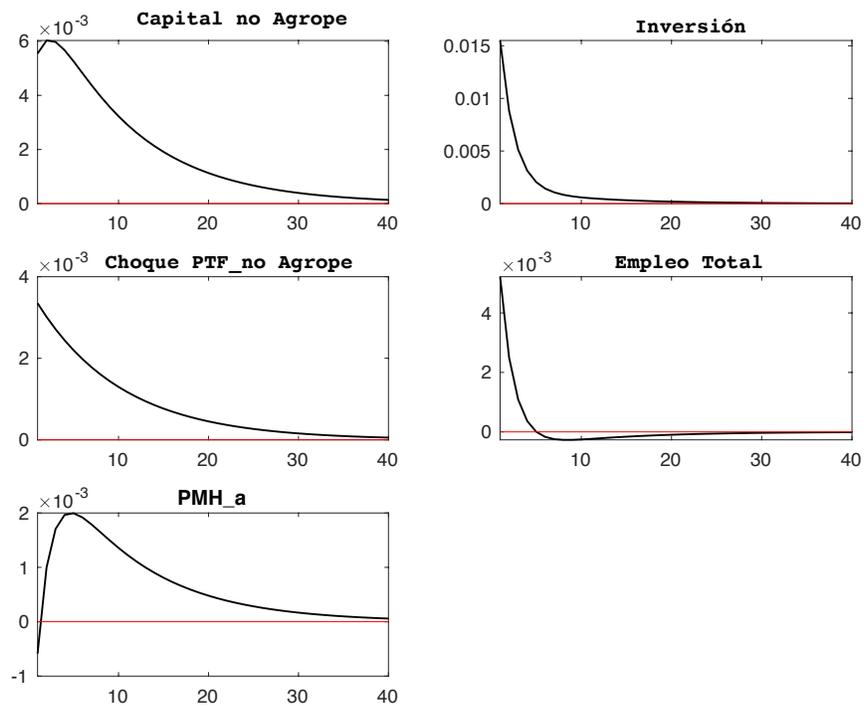
La respuesta generalizada del nivel de capital y de inversión ante este primer choque es hacia un incremento respecto a su estado estable y su posterior acercamiento gradual al mismo. La reacción de la tasa de empleo total, es decir, la suma de la participación del empleo en cada sector, también se aumenta en un primer momento respecto a su valor de largo plazo, aunque en su tránsito hacia el mismo puede encontrarse un poco por debajo de este (Gráfica 6b.). La evolución de la productividad media del trabajo en el sector agropecuario (PMH_a), calculada como la relación del producto y el factor trabajo (H), también es ilustrada mostrando un incremento inicial y posterior retorno a su valor de estado estable.

Ahora bien, ante la presencia del segundo choque modelado, el que afecta directamente la función de producción agropecuaria ($z_{a,t}$), el modelo refleja también un incremento del valor agregado total, aunque la generación de valor agregado sectorial tiene un comportamiento contrario respecto al primer choque analizado; es decir, esta vez, se observa una reducción del valor agregado no agropecuario y un incremento en el valor agregado agropecuario respecto a su valor de estado estable.

Gráfica 6a. Evolución en la Participación del Empleo y Valor Agregado Sectorial ante el Choque en la Función de Producción no Agropecuaria ($z_{n,t}$)



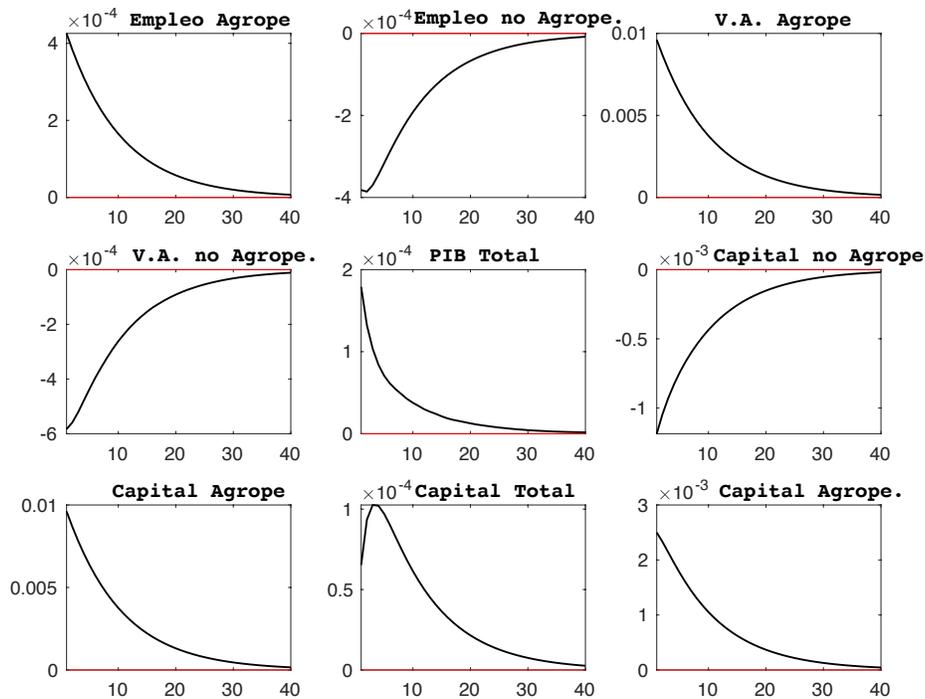
Gráfica 6b. Evolución en de la Inversión, el Empleo Total y la Productividad Media del Trabajo ante el Choque en la Función de Producción Agropecuaria ($z_{n,t}$)



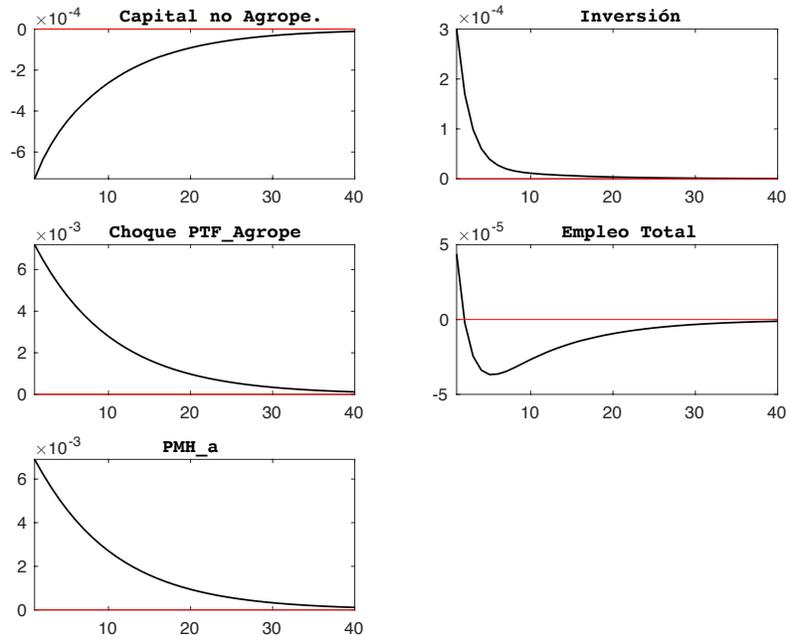
Así las cosas, los dos choques modelados por aparte en este caso, implican una reducción en un primer momento en el empleo, capital y valor agregado del otro sector que no está recibiendo el choque, permitiendo la re-acomodación intersectorial de los factores. Recordemos que en principio, cuando se modela la presencia de los dos choques (Modelo Base) los valores agregados sectoriales se relacionan positivamente, de manera que la reducción temporal en el valor agregado del sector que no recibe el choque, seguramente se deba a la acomodación de factores. Finalmente, y como ocurrió en el primer choque, la respuesta generalizada del nivel de capital agregado y de inversión es hacia un incremento respecto a su estado estable y el posterior acercamiento gradual al mismo (Gráfica 7a.).

Llama la atención que en el caso del choque ($z_{a,t}$), la reducción temporal en los ocupados totales, luego del incremento observado cuando se presenta el choque, es mayor que la observada en el choque ($z_{n,t}$), indicando una mayor sensibilidad del empleo total a choques positivos en la producción agropecuaria (Gráfica 7b.). Es importante recordar, que el modelo está reflejando una correlación positiva entre el empleo agropecuario y el valor agregado agropecuario, de manera que ante el choque ($z_{a,t}$) ambas series apuntan en la misma dirección; no obstante, en los datos y cálculos realizados para Colombia esta correlación es levemente negativa aunque cercana a 0 (Tabla 6).

Gráfica 7a. Evolución en la Participación del Empleo y Valor Agregado Sectorial ante el Choque en la Función de Producción Agropecuaria ($z_{a,t}$)



Gráfica 7b. Evolución en de la Inversión, el Empleo Total y la Productividad Media del Trabajo ante el Choque en la Función de Producción Agropecuaria ($z_{a,t}$)



Capítulo 4. El cambio técnico y distinta combinación de factores en el Modelo Base

a. Descripción de las simulaciones

Con el fin de observar qué impactos tiene sobre el ciclo económico colombiano y el desempeño que dentro de éste hace el sector agropecuario, se propone realizar un cambio técnico en el sector agrícola aumentando la productividad total de factores (λ_a). Así mismo, se realizará una reasignación en la participación de los factores de producción dentro del ingreso agropecuario representadas por los parámetros μ , ϕ , $(1 - \mu - \phi)$: aumentando la participación de la tierra dentro de este. Así, se podrá comparar el desempeño de las variables en el Modelo Base con un incremento en la productividad y tres sistemas de producción para el sector agropecuario colombiano.

Se propone entonces realizar 4 ajustes al modelo base (un ajuste a la vez):

- *Modelo P*: Comprende el Modelo Base con un incremento en la Productividad Total de Factores del sector agrícola de 0,2. De esta manera (λ_a) pasa de 0,24 a 0,44. Representando un cambio permanente en la Productividad Total de Factores que difiere del choque temporal mostrado en la anterior sección.
- *Modelo THK*: Comprende el Modelo Base con un incremento de 0,2 (20% más de participación en el ingreso agrícola) en la participación de la tierra dentro del ingreso agrícola ($1 - \mu - \phi$), de esta manera, se propone en este modelo reducir μ (capital) y ϕ (trabajo) en cuantías iguales (0,1) para mantener el supuesto de rendimientos constantes a escala en la función de producción agropecuaria.
- *Modelo TH*: Comprende el Modelo Base con un incremento de 0,2 en la participación de la tierra dentro del ingreso agrícola ($1 - \mu - \phi$), de esta manera, se propone en este modelo reducir sólo el parámetro ϕ que acompaña a $H_{a,t}$ (trabajo) en 0,2 para mantener el supuesto de rendimientos constantes a escala en la función de producción agropecuaria.
- *Modelo TK*: Comprende el Modelo Base con un incremento de 0,2 en la participación de la tierra dentro del ingreso agrícola ($1 - \mu - \phi$), de esta manera, se propone en este modelo reducir sólo el parámetro μ que acompaña a $K_{a,t}$ (capital) en 0,2 para mantener el supuesto de rendimientos constantes a escala en la función de producción agropecuaria. Este ajuste, al dejar ϕ en el mismo valor del modelo base, permite comprobar el efecto de una reducción en la participación del capital para dar paso a una participación de la tierra. Es decir, depura el efecto de la tierra/capital en la producción, sin reducciones en la participación del empleo en el ingreso. Así las cosas, se convierte en la simulación que arroja el valor mínimo de ganancia en la productividad del trabajo, sin cambios directos en él.

b. Resultados a partir de las simulaciones

Los resultados al crear los diferentes modelos sugieren que dichas modificaciones no afectan sustancialmente los rasgos del ciclo económico en el modelo que representa la economía colombiana; es decir, los movimientos de las series y el signo de las correlaciones se mantienen respecto al Modelo Base calibrado cuando se incrementa la productividad agropecuaria y se realiza una combinación diferente de los factores. De esta manera, la participación del empleo agropecuario en el total, conserva su comportamiento contracíclico, y el empleo total, aunque positivo, no está tan fuertemente correlacionado con el producto agregado; de hecho, en los diferentes modelos

simulados no se registra incrementos en la correlación calculada respecto al Modelo Base (Anexo 3). Otra forma de leer estos resultados es como lo interpreta Storesletten et al., (2019): en los auges la participación del empleo agropecuario se reduce, la participación del empleo no agropecuario aumenta, los ocupados totales aumentan y tanto el valor agregado no agropecuario como el agropecuario aumentan.

Ahora bien, dado que los cambios en la producción agropecuaria no generan grandes cambios en las fluctuaciones presentes en el ciclo económico, es pertinente observar qué sucede con la participación de cada sector en el empleo y producción total, en medio de la transformación estructural. La Tabla 9 muestra los cambios en los indicadores que guiaron la calibración del Modelo Base para reflejar la economía colombiana: participación del empleo y valor agregado sectorial dentro del total y la relación de la inversión y el capital respecto al producto. Allí se observa que en los modelos simulados el nivel del empleo total se reduce levemente. Esto podría darse como consecuencia de la estabilidad o no cambio de los parámetros que representan las preferencias por el trabajo y el ocio, de manera que los cambios en el empleo del sector agrícola, con el cambio en la combinación de factores y la productividad, impactan en el nivel del empleo agregado; además no se incluye un cambio en horas trabajadas, que también explicaría los cambios en el empleo dentro del modelo.

Así mismo, excluyendo el ajuste en la combinación de los factores, y simulando solo el aumento en la productividad agropecuaria, se registra un incremento en la participación de este sector en los ocupados totales y en el PIB, siendo este último incremento sustancialmente mayor (de 7% a 16%). En las demás simulaciones, con el ajuste en la combinación de los factores, la participación del empleo agropecuario se reduce respecto al Modelo Base, registrándose el menor nivel en el Modelo TH, que sustituye el aumento en la participación de la tierra en el ingreso con la reducción en la participación del trabajo. En el Modelo TK, dado que la participación del empleo no se modifica, el nivel de participación del empleo agropecuario es similar al del Modelo Base. De tal forma que el modelo TK implica una misma participación del empleo agropecuario, una mayor participación del PIB agropecuario, una menor relación del capital total respecto al PIB, y una reducción de la participación del capital dentro del ingreso agrícola; todo esto respecto Modelo Base calibrado.

Es interesante entonces el resultado observado en la participación del valor agregado agropecuario dentro del total. Nótese que ante una reducción o mismo nivel en la participación del empleo agropecuario registrado en los modelos simulados (a excepción del Modelo P), se observa un mayor nivel de participación del valor agregado agropecuario. Esto incluso sucede en el Modelo TH, donde la mayor participación del factor tierra en el ingreso, a costa de la intensa participación de la mano de obra, trae consigo una mayor participación del sector agropecuario dentro del PIB; lo anterior con cambios menores en el nivel de producción total de estado estacionario, aunque con reducción en el valor agregado no agropecuario (posible re acomodación de factores). Esto último fue abordado a propósito de las gráficas de impulso respuesta de la última parte del Capítulo 3, dada la evidencia de correlación positiva en los valores agregados sectoriales.

Como consecuencia de lo anterior, es importante abordar el resultado en la productividad media del trabajo. Los cambios planteados al Modelo Base permiten comprobar diferentes niveles en la productividad media del trabajo y en la producción del estado estacionario. De esta manera el incremento en la productividad de trabajo, que antecede la transformación estructural (Storesletten et al., 2019) y el auge económico, parece acelerarse cuando la tierra incrementa su participación dentro del ingreso agropecuario. El mayor nivel en este indicador lo registra el Modelo TH, dada la

sustitución en el ingreso agropecuario del trabajo por el de la tierra, como era de esperarse desde la perspectiva teórica. No obstante, como se puede observa en la Tabla 9, incluso cambios en el ingreso de la tierra a costa del ingreso del capital, genera una mayor productividad del trabajo que la registrada en el Modelo Base calibrado (15% mayor en el Modelo TK).

Este ejercicio empírico permitió mostrar que en una calibración inicial, para representar a la economía colombiana en este tipo de modelo DSGE, la mano de obra y el capital debían participar en una porción importante del ingreso agropecuario (92%), dando margen a un incremento en la participación de la tierra. Así mismo, el hecho de que un incremento en la productividad media del trabajo de al menos 15%, cuando la tierra gana participación en el ingreso y el capital, acompaña la literatura consultada que converge en la idea de que la estructura productiva del sector agropecuario colombiano podría tener mejores desempeños con una combinación o dotación diferente en los factores, concretamente en la tierra. Este aumento en la productividad laboral puede compararse con el logrado en el Modelo P, donde con un incremento en la PTF de 0.2, la productividad laboral se incrementa en un 80% (Tabla 9).

Tabla 9. Características Simuladas de la Economía Colombiana

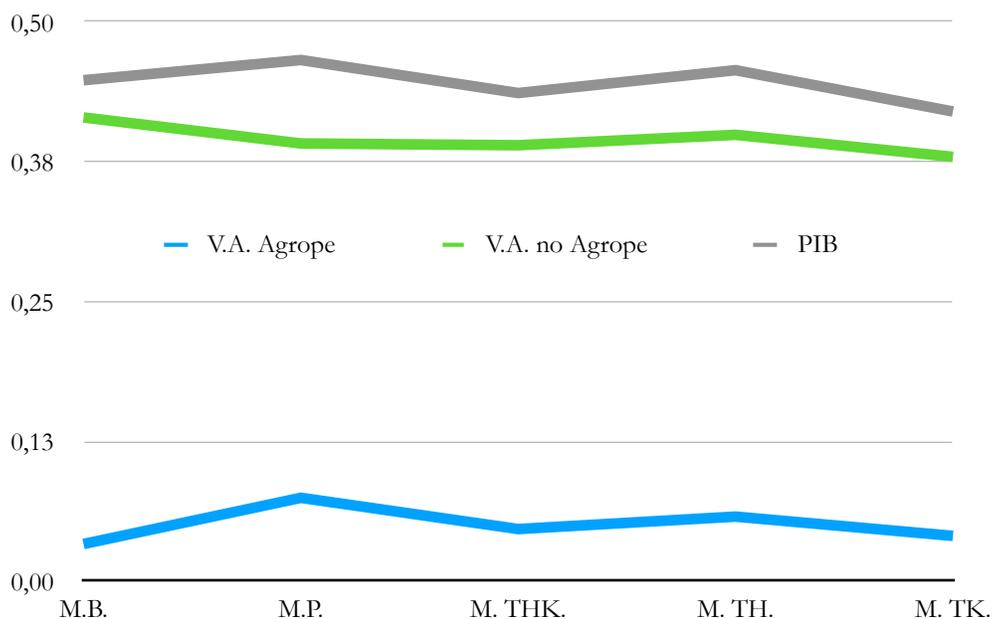
	Modelo Base	Colombia	Modelo P	THK	TH	TK
Tasa de Empleo	89,1 %	89,0 %	88,8 %	83,0 %	82,1 %	83,7 %
Part%, Empleo Agropecuario	15,7 %	16,0 %	19,5 %	14,0 %	11,5 %	16,6 %
Part%, Empleo no Agropecuario	73,4 %	73,0 %	69,3 %	69,0 %	70,7 %	67,2 %
Part%, Valor Agregado Agropecuario	7,4 %	7,0 %	16,0 %	10,7 %	12,6 %	9,7 %
Part%, Valor Agregado no Agropecuario	92,6 %	93,0 %	84,0 %	89,3 %	87,4 %	90,3 %
Inversión en relación al PIB	25,3 %	23,8 %	25,3 %	23,6 %	25,1 %	21,9 %
Capital en relación al PIB	210,7 %	212,4 %	210,7 %	196,3 %	209,0 %	182,7 %
Producto Medio del Trabajo (PMH)	0,669		1,205	1,048	1,586	0,771
PMH/PMH Modelo Base	1,000		1,802	1,567	2,371	1,153

Fuente: Dane, cálculos propios.

Las Gráficas 8a. muestra los cambios en el nivel de estacionario del valor agregado agropecuario y el total para los diferentes modelos simulados. La Gráfica 8b. muestra la productividad media del trabajo y el capital para el sector agropecuario y el total de la economía. Así se pueden comparar los diferentes niveles de estado estable en cada modelo para cada variable. Es claro que otra combinación de factores, con mayor participación de la tierra, genera mayor productividad media del

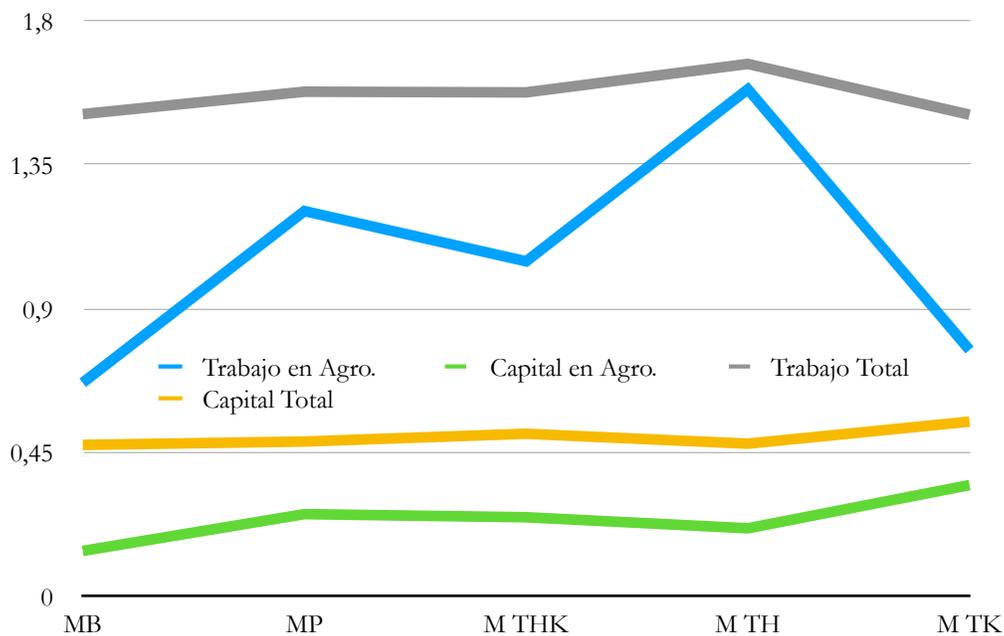
trabajo aunque también un menor nivel de estado estacionario en la generación del valor agregado no agropecuario; que también se reflejan menores niveles (en promedio 2% menos) del PIB total de estado estacionario.

Gráfica 8a. Valor Agregado Sectorial y en el Agregado de Estado Estable para cada Modelo Simulado



Fuente: Simulaciones de Estado Estacionario para cada modelo simulado.

Gráfica 8b. Productividad Media por Factor de Producción para el Sector Agropecuario y el Total en cada Modelo Simulado



Fuente: Simulaciones de Estado Estacionario para cada modelo simulado.

Nótese que una productividad media del trabajo más alta es alcanzada incluso con ajustes que no implican directamente una reducción del empleo dentro del ingreso agrícola (Modelo TK). Este modelo entonces permite concluir que el aumento en la participación de la tierra en el ingreso agropecuario, reduciendo la participación del capital en el ingreso del sector agropecuario, elevarían la productividad del trabajo. Es claro también, según las simulaciones, que la una productividad más alta del trabajo es alcanzada cuando se reduce la participación del empleo dentro del ingreso agropecuario para aumentar la de la tierra por ejemplo (Modelo TH). No obstante, el Modelo TK, que mantiene igual que en el Modelo Base la participación del empleo dentro del ingreso agrícola, permite depurar la reflexión hacia la participación en el ingreso de la tierra y el capital, y en consecuencia, la disponibilidad relativa del capital vs. la disponibilidad de la tierra y si esta dotación de factores se refleja en el uso concreto dentro de la función de producción aquí calibrada para Colombia.

Ahora bien, las mejoras en productividad con los ajustes simulados también están acompañadas de reducción en la volatilidad de las series de valor agregado sectorial y total. La Tabla 10a y 10b muestran cómo la desviación estándar del empleo y el valor agregado, y su relación con la desviación del producto total, se torna más estable si se combina de manera diferente los factores, como se propuso en los modelos simulados.

Tabla 10a. Volatilidad en el Empleo y el Valor Agregado (Comparación)

	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB Total
Desv, Colombia	1,29	2,95	1,79	2,11	1,66	1,58
Desv, Model B	0,10	0,61	0,58	2,16	1,63	1,53
Desv, Model P	0,11	0,62	0,59	2,11	1,69	1,47
Desv, Model THK	0,56	1,97	1,53	1,63	1,48	1,26
Desv, Model TH	0,06	0,62	0,59	2,01	1,67	1,50
Desv, Model TK	0,10	0,52	0,49	1,94	1,61	1,46

El empleo de cada sector se representa por la participación que tiene dentro de la población económicamente activa (PEA) mientras que los datos de valor agregado y PIB corresponden a las cifras en Ln ajustadas por el filtro H-P.

Tabla 10b. Volatilidad en Relación con la Volatilidad del PIB (Comparación)

	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V,A, Agrope.	V,A, no Agrope.	PIB Total
Desv/Desv PIB Colombia	0,82	1,87	1,14	1,34	1,05	1,00
Desv/Desv PIB Model B	0,06	0,40	0,38	1,41	1,07	1,00
Desv/Desv PIB Model P	0,07	0,42	0,40	1,43	1,15	1,00
Desv/Desv PIB Model THK	0,45	1,57	1,22	1,30	1,18	1,00

	Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V,A, Agrope.	V,A, no Agrope.	PIB Total
Desv/Desv PIB Model TH	0,04	0,41	0,40	1,34	1,11	1,00
Desv/Desv PIB Model TK	0,07	0,36	0,33	1,33	1,10	1,00

Cálculos propios.

Por último, como se vio en las Gráfica 8a y 8b, el incremento en la productividad media del trabajo en el Modelo TK respecto al Modelo Base está acompañado de una reducción en el nivel del PIB de Estado Estacionario (-6%). No obstante, dado que el modelo tiene falencias en la reproducción de las correlaciones del Valor Agregado Agropecuario con el empleo de este sector, el empleo del sector no agropecuario y los ocupados totales (Tabla 6), es posible, que luego de superar estas limitaciones del Modelo Calibrado, las ganancias en la productividad del empleo agropecuario también estén acompañadas de niveles mayores de producción. Por ahora, lo que hemos observado aquí, es que una combinación diferente en los factores tierra y capital generan un mayor nivel en la productividad media del trabajo de estado estacionario. Incluso sin reducir la participación del empleo agropecuario en el total; condiciones que son deseables en la economía colombiana teniendo en cuenta la relativa abundancia en el factor tierra y trabajo respecto al capital.

c. Coyuntura económica ante la crisis derivada por la COVID-19

Como vimos el modelo DSGE fue calibrado para el periodo 2002-2019. Así pues, en esta sección se hará una reflexión entre las conclusiones derivadas del Modelo Base y la coyuntura de 2020.

El rol contracíclico antes descrito del sector agropecuario en la economía colombiana se acentuó en 2020 con la crisis provocada por la Covid-19. Mientras el sector agropecuario registró una reducción en el empleo de 5,26 %, el sector no agrícola lo hizo con una caída del 10,96 % (lo que también se refleja en la menor volatilidad del empleo agropecuario²⁹). Ahora bien, mientras el PIB colombiano se redujo 6,8% en 2020, la participación del empleo del sector agropecuario dentro del empleo del total nacional registró un incremento del 15,8% al 16,8 % entre 2019 y 2020, siendo este un rasgo característico del sector dentro del ciclo económico mostrado.

Adicional a esto, en el 2020 la participación del empleo agropecuario dentro del total aumentó, volviendo a niveles de la participación registrados en el año 2013, haciendo ya parte del promedio observado en el periodo 2002-2019. De esta manera, los beneficios descritos en el aumento de la productividad media del trabajo, según las simulaciones realizadas para una distinta participación de los factores de producción (aumento de la participación de la tierra dentro del ingreso agropecuario) y un aumento de la PTF agrícola, para el periodo 2002-2019, siguen vigentes.

En cuanto a la utilidad y vigencia del modelo para obtener mediciones dentro de la coyuntura, de acuerdo con la Tabla 7 y la Tabla 8, el modelo representa una economía donde el sector agropecuario participa con el 15,7% del trabajo y cuya serie tiene una desviación estándar del 0,10. Esta desviación es baja en comparación con la observada en el periodo 2002 - 2019. De esta manera,

²⁹ Para ver los datos del periodo 2002-2019 consultar la Tabla 7. Para el año 2020 se calculó la desviación estándar del dato del 2019 y el del 2020 en el empleo en cada sector del modelo; y efectivamente, la desviación del empleo agropecuario es más pequeña que la del empleo no agropecuario.

la participación registrada en el 2020 (16,8%) se encontraría por fuera del promedio de las simulaciones. Lo mismo ocurre con la tasa de desempleo, donde el modelo representa una economía con una tasa de empleo del 89,1% y una desviación estándar de 0,38, acumulando un promedio en las simulaciones de 85,2%; es así como el registro del 2020, que es del 84,1%, estaría por fuera de dos desviaciones estándar alrededor de la media de las simulaciones del modelo. Por esta razón, sería necesario recalibrar el modelo para obtener mediciones más robustas en el cálculo de los efectos simulados ya indicados.

Por último, si bien es cierto que el año 2020 registró una reducción de la pobreza rural, hay que tener en cuenta que la principal hipótesis de este hecho es el aumento de transferencias monetarias al sector rural cuando este no tuvo reducciones en su producción durante el 2020³⁰. Esto confirma la posibilidad de un aumento en la productividad media del trabajo y de una reducción de la pobreza en el sector agrícola.

³⁰ El crecimiento del Valor Agregado de la actividad Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca fue del 2,6%

Capítulo 7. Datos

Los datos usados para el desarrollo de esta investigación pueden ser agrupados en dos categorías principales.

La primera corresponde a las series estadísticas que guiaron la calibración de los parámetros del modelo propuesto para representar la economía colombiana: tanto en las participaciones sectoriales del empleo y el producto, como en las correlaciones entre dichas variables. Los datos utilizados son los publicados por Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el periodo 2002-2019. A los datos de valor agregado se les aísla las desviaciones transitorias porcentuales de su tendencia mediante el filtro Hodrick - Prescott con filtro $\lambda = 100$. Esta metodología permite el análisis de los ciclos de las series al rededor de su tendencia y con estas series se realizan las simulaciones del modelo. Sobre estas series, se calculan las estadísticas principales que describen los rasgos que deberá reproducir el modelo base, cuyos parámetros se calibraron para reflejar la dinámica de la economía colombiana. Por ejemplo, describen el movimiento durante el ciclo económico a través del cálculo de correlaciones. También, describen la volatilidad en la producción y empleo sectorial a través de la desviación estándar.

Los datos de valor agregado por sectores y para el total nacional con periodicidad trimestral y fueron transformados en anuales siendo necesario unir dos series de diferente conformación para el rubro de Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca. Lo anterior, porque la información para antes del 2005 en Cuentas Nacionales utiliza la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas (CIIU) Rev.3, mientras que desde 2007 utiliza la CIIU Rev. 4. Esto mismo fue necesario para los datos de empleo por sectores que provee la Gran Encuesta Integrada de Hogares. Las cifras de valor agregado agropecuario para el año 2020 corresponden a datos provisionales y preliminares del DANE en las Cuentas Nacionales a precios corrientes para el cuarto trimestre del año 2020, según CIIU Rev. 4 A.C..

La segunda categoría de datos empleados fueron los que arrojaron otras investigaciones y que aportaron algunos parámetros para el modelo o guías para la calibración de los mismos. En el Capítulo 3 se especificaron las fuentes tomadas como referencia.

Capítulo 8. Conclusiones, recomendaciones de política y agenda de investigación futura

a. Conclusiones

El ejercicio de calibración del Modelo DSGE de dos sectores para Colombia, uno agropecuario y otro no agropecuario, implicó partir de una producción agropecuaria colombiana donde el empleo participa con un 54% de este ingreso, mientras que el capital participa con un 38% y la tierra con el 8% restante. Con estos valores, y otros parámetros calibrados, el modelo describe de manera similar el comportamiento de la economía colombiana. Sólo se presentó una correlación de importancia donde el modelo no reflejó las dinámicas observadas en la realidad: la correlación entre el empleo agropecuario y el valor agregado agropecuario que es positiva en el Modelo Base mientras que se calcula negativa, aunque cercana a 0 para los datos de Colombia.

Las participaciones en el ingreso descritas dan margen de simulación con combinaciones diferentes de los factores. También lo sugiere la literatura consultada, donde se converge en la idea de que los pequeños agricultores generalmente usan la tierra, el trabajo y el capital de manera más eficiente, y que el uso de los factores podría ser mejor en la producción agrícola colombiana. De hecho, los datos del Censo Nacional Agrícola sugieren que la producción agropecuaria está concentrada mayoritariamente en un número de Unidades Productivas Agropecuarias de pequeño tamaño, con participación de mano de obra familiar al menos en la mitad de todas las unidades, que sugiere un uso intensivo de la tierra y la mano de obra.

Usé el modelo DSGE para observar los diferentes niveles en el estado estacionario de la productividad media del trabajo en el sector agropecuario y cómo estos se ven afectados con la combinación diferente de los factores de producción, o lo que es lo mismo, diferentes participaciones dentro del ingreso agropecuario. Allí se puede observar que cambios en la combinación de los factores, donde la tierra participa más, incluso alcanzando niveles ya calculados en la literatura, implica un incremento en la productividad media del trabajo de al menos un 15%. Esto incluso manteniendo una participación del empleo agropecuario dentro del total, pero reduciendo la participación del capital dentro del ingreso agrícola. Las ganancias en la productividad media del trabajo hacen parte de la transformación estructural, reforzando dicho proceso, como sugiere Storesletten et al.(2019).

El movimiento en las variables dentro del ciclo económico reflejado en el Modelo Base se mantiene incluso con grandes cambios en la productividad del sector agropecuario y en la combinación de los factores simulada a través de los diferentes modelos. Lo que implica que los cambios aquí simulados, si bien no afectan el desempeño del sector agropecuario en el ciclo económico, sí implican cambios en la productividad del trabajo en el sector agropecuario. En esencia, el proceso de transformación estructural que nuestro país sigue en la realidad, y que se refleja Modelo Base, se mantienen también en modelos usados para la simulación, pero con ganancias en la productividad media del trabajo dependiendo de la combinación de los factores. Es decir, el empleo agropecuario sigue siendo contra cíclico.

En los modelos usados en las simulaciones, con una combinación diferente de los factores de producción agropecuaria, se observa también ganancias en la estabilidad de las series de valor agregado y PIB total.

b. Recomendaciones de política

En la literatura consultada se encuentran indicios de que las políticas públicas pueden afectar la demanda de factores el sector agrícola; impidiendo un reflejo acorde con el mercado de factores de producción y la disponibilidad relativa de los mismos. Así mismo, se reconoce el papel fundamental del cambio técnico y la innovación para lograr un incremento en la Productividad Total de Factores. Aunque aquí se simularon los efectos de estas políticas, asumiendo estas como exitosas con la simulación de cambios en la PTF (+0,2) y en la participación de la tierra dentro del ingreso agropecuario generando (+0,2), se refuerza la urgencia de diseño e implementación de dichas políticas para el incremento de la productividad media del trabajo agrícola y por tanto de la mejora de los ingresos de los trabajadores rurales. Lo anterior, no sólo permitiría una mayor participación del valor agregado agropecuario dentro del total, sin cambios sustanciales en la participación del empleo agropecuario, sino que generaría una dinámica de valor agregado más estable en ese sector y el agregado.

Es urgente, como ya se ha abordado ampliamente, liberar la presión sobre la intensidad de la mano de obra y el capital con mayores dotaciones en el factor tierra, reflejadas en mayor participación dentro del ingreso agropecuario. También se debe corregir la falsa limitación de tierra cultivable que operaría más eficientemente dentro de modelos de agricultura familiar con una mayor dotación de tierra. Concretamente se debe suprimir los apoyos en aquellos cultivos donde la participación del capital en la distribución del producto concuerda con la menor participación de la tierra dentro del ingreso agropecuario. Es decir, transformar los incentivos que distorsionan el costo relativo del capital o de la tierra respecto a su disponibilidad relativa.

La oportunidad y la importancia del sector agropecuario en la economía colombiana es aún más relevante luego del COVID-19, como se encuentra ya descrito a lo largo de este documento. Indiscutiblemente habría aumentos en la productividad media del trabajo de estado estable si se aborda la participación de la tierra dentro del ingreso agropecuario, llevando esto a una combinación de factores donde la tierra y el trabajo ganan relevancia. Lo anterior también ocurriría con un aumento en la PTF mediante los cambios en la tecnología de producción.

c. Agenda de investigación futura

El Modelo Base aquí calibrado podría mejorar en la representación y descripción que hace de la economía colombiana. Tal vez sean necesarias estimaciones en los parámetros o la inclusión de más choques que permitan modelar disímiles tendencias en las correlaciones. También, podrían implementarse otras metodologías para filtrar el componente permanente del transitorio de los datos en la observación de los ciclos.

Así mismo, se debe contrastar los hallazgos aquí discutidos en la literatura y los resultados arrojados en el modelo, con estudios experimentales en campo para el territorio nacional. Es sabido que aunque aquí se agregaron las dinámicas heterogéneas para la representación nacional, se podrían llegar a recomendaciones de política más directas por cultivo, territorio y unidades de producción con dotaciones de tierra y uso de factores más cuantificables para la comprobación. De esta manera se podría comprobar cómo políticas de incentivo o subsidio, a grandes inversiones de capital para grandes extensiones de territorio, minan la productividad laboral y total. Esto en el marco de experimentación que Dulfo (2017) relaciona con el trabajo constante de ajuste de un fontanero; donde detalles de las políticas dirigen el impacto final y funcionamiento de las mismas en un “entorno político complicado y desordenado”,

Referencias

- Amoussouga, A., Egbendewe, G. (2020). Macroeconomic effects of semi-subsistence agricultural productivity growth: Evidence from Benin and extension to the WAEMU countries. *Scientific African*, Volume 7, March 2020.
- Avella, M., Ferguson, L. (2003). El ciclo económico. Enfoques e ilustraciones. Los ciclos económicos de Estados Unidos y Colombia. Banco de la República de Colombia.
- Benhabib, J., Rogerson, R., & Wright, R. (1991). Homework in macroeconomics: Household production and aggregate fluctuations. *Journal of Political economy*, 99(6), 1166-1187.
- Binswanger-Mkhize, H. P., Bourguignon, C., & van den Brink, R. (Eds.). (2009). *Agricultural Land Redistribution: Towards Greater Consensus on the "How"*. The World Bank.
- Binswanger, H. P., Ruttan, V. W., Ben-Zion, U., Janvry, A. D., & Evenson, R. E. (1978). Induced innovation; technology, institutions, and development.
- Boserup, E. (1967). *Las Condiciones del Desarrollo en la Agricultura, La economía del cambio agrario bajo la presión demográfica* (No. 630 B731c). TECNOS.
- Chavas, J. P. (2001). Structural change in agricultural production: economics, technology and policy. *Handbook of agricultural economics*, 1, 263-285.
- Da-Rocha, J.M., Restuccia, D. (2006, abril). The role of agriculture in aggregate business cycles. *Review of Economic Dynamics*, 9(2006), 455-482.
- Delgado, M. (2019). Uso potencial y efectivo de la tierra agrícola en Colombia: resultados del Censo Nacional Agropecuario.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021). *Estandarización y armonización de conceptos*. Recuperado de <https://conceptos.dane.gov.co/conceptos/economica>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021a). *Manual de conceptos*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/informacion-tecnica>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2015a). *Tomo 2 Resultados Tercer Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2015b). *Caracterización de los Productores Residentes en el Área Rural Dispersa*. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-2-Productores-residentes/2-Presentacion.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2021b). *Productividad de la economía colombiana*. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/productividad>

- Duflo, E. (2017). Richard T. Ely lecture: The economist as plumber. *American Economic Review*, 107(5), 1-26.
- Eberhardt, M., & Vollrath, D. (2018). The effect of agricultural technology on the speed of development. *World development*, 109, 483-496.
- Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A., & Maloney, W. F. (2019). *Harvesting prosperity: Technology and productivity growth in agriculture*. World Bank Publications.
- Gafaro, M., Ocampo, J. A., Monroy-Cely, S. D., & Rueda-Sanz, A. (2019). Revisión de experiencias de apoyo a la agricultura familiar. *Revista ESPE-Ensayos Sobre Política Económica*, (91), 1-77.
- Griffoli, T.M. (2007). Dynare v4-User Guide Public beta version.
- Hansen, G. (1985). Indivisible labor and the business cycles. *Journal of Monetary Economics*, 16 (1985), 309-327.
- Hamann, F., Arias-Rodríguez, F., Bejarano, J., Gafaro, M., Mendez-Vizcaino, J. C., & Poveda-Olarte, A. P. (2019). Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia. *Revista ESPE-Ensayos Sobre Política Económica*, (89), 1-54.
- Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, A. (2014). Growth and structural transformation. In *Handbook of economic growth* (Vol. 2, pp. 855-941). Elsevier.
- de Janvry, A., & Sadoulet, E. (2020). How experimental research in agriculture has gone from lab to field. *World Development*, 127, 104782.
- De Janvry, A., & Sadoulet, E. (1989). *Path Dependent Policy Reforms: From Land Reform to Rural Development in Colombia* (No. 1557-2016-132971).
- Drazen, A. (2002). *Political Economy in Macroeconomics*. Princeton University Press.
- Jaramillo, F., Giraldo, I., & Echavarría, J. J. (2019). *Protección y productividad en la industria colombiana, 1993-2011* (No. 12).
- Kalmanovitz, S., & López, E. (2004). Patronos de desarrollo y fuentes de crecimiento de la agricultura. *Borradores de Economía* (288).
- Leibovich, J., Nigrinis-Ospina, M., Ramos-Veloza, M. A., & Ramos-Veloza, M. A. (2006). Caracterización del mercado laboral rural en Colombia. *Borradores de Economía*; No. 408.
- Pinzon, A., (2015). Desarrollo de un modelo de Equilibrio General Computable (MEGC) para analizar las políticas agropecuarias en Colombia. Trabajo Final presentado como requisito para optar al título de Magister en Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia.
- Piñeiro, M. (1983). *Procesos sociales e innovación tecnológica en la agricultura de América Latina* (No. 9). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Restuccia, D., Yang, D. T., & Zhu, X. (2008). Agriculture and aggregate productivity: A quantitative cross-country analysis. *Journal of monetary economics*, 55(2), 234-250.

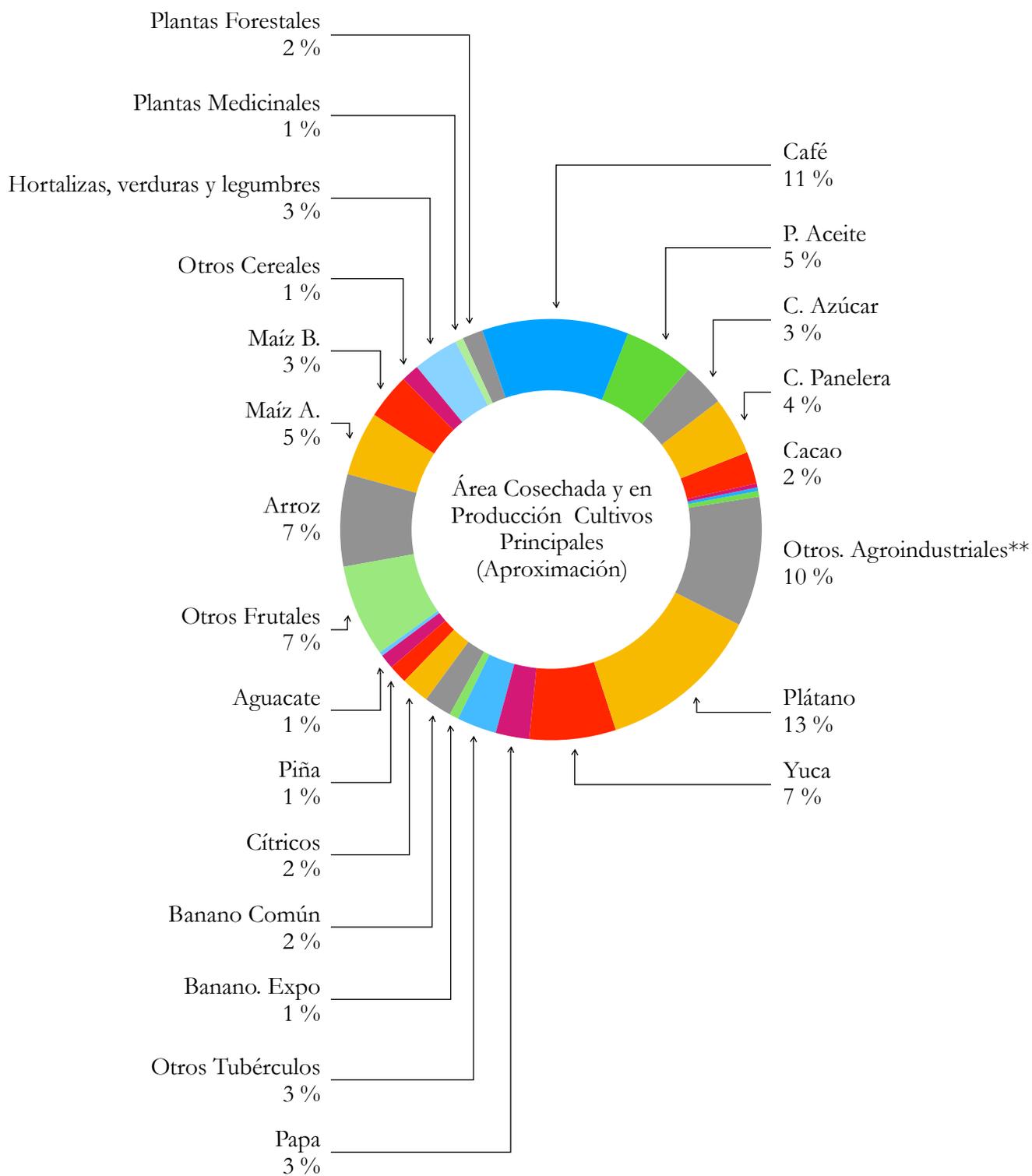
- Rojas-Delgadillo, N. (2019). *Determinantes de la productividad agrícola* (No. 017503). Departamento Nacional de Planeación.
- Ruttan, V. W., & Hayami, Y. (1984). Toward a theory of induced institutional innovation. *The Journal of development studies*, 20(4), 203-223.
- Sergi, F., 2017. The Standard Narrative on History of Macroeconomics: Central Banks and DSGE Models, presentación. Annual Meeting of the History of Economics Society Toronto, June 22-25 2017
- Sergi, F. (2020). The standard narrative on history of macroeconomics: Central banks and DSGE models.
- Sims, E (2018). Notas de clase Real Business Cycle (RBC) Theory ECON 30020: Intermediate Macroeconomics University of Notre Dame Spring 2018
- Storesletten, K., Zhao, B., & Zilibotti, F. (2019). *Business Cycle during Structural Change: Arthur Lewis' Theory from a Neoclassical Perspective* (No. w26181). National Bureau of Economic Research.
- Varian, H. R. (1992). *Análisis microeconómico* (3.^a ed., p. 265). Barcelona: Antoni Bosch Editor.

Anexos

Anexo 1. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (Número de Ocupados)

	Obrero, empleado particular	Trabajador por cuenta propia	Patrón o empleador	Trabajador familiar sin remuneración	Trabajador sin remuneración en empresas de otros hogares	Jornalero o Peón	Otro	Total
2015	428.455	1.809.446	179.829	331.747	53.143	697.202	1.566	3.501.387
2016	438.722	1.861.742	185.552	311.549	54.881	670.354	1.312	3.524.111
2017	447.134	1.953.596	193.145	355.259	49.635	699.485	58	3.698.311
2018	443.372	1.976.182	206.024	340.645	43.303	701.645	474	3.711.644
2019	471.785	1.795.292	151.179	269.806	51.416	780.959	844	3.521.280

Fuente: GEIH, CIU Rev 4.



Anexo 2: Fuente: Anexos CNA.

** ajonjolí, canola, estropajo, fique, higuera, olivo, soya, sacha-inchi, patata, palma iraca, palma amarga, manaca, morera

Anexo 3 Co-movimientos Datos Observados y Experimentos (Correlaciones)

		Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB. Total
Empleo Agrope.	Col	1,000	-0,939	-0,825	-0,018	-0,217	-0,215
	M.B.	1,000	-0,413	-0,270	0,862	-0,407	-0,311
	M.P.	1,000	-0,427	-0,271	0,856	-0,418	-0,206
	T.H. K	1,000	-0,441	-0,319	0,841	-0,467	-0,340
	T.H	1,000	-0,413	-0,326	0,839	-0,410	-0,255
	T.K.	1,000	-0,471	-0,309	0,847	-0,521	-0,411
Empleo no Agrope.	Col	-0,939	1,000	0,969	0,089	0,335	0,337
	M.B.	-0,413	1,000	0,988	-0,228	0,759	0,726
	M.P.	-0,427	1,000	0,986	-0,235	0,777	0,694
	T.H. K	-0,441	1,000	0,991	-0,245	0,763	0,717
	T.H	-0,413	1,000	0,996	-0,209	0,770	0,712
	T.K.	-0,471	1,000	0,985	-0,284	0,760	0,722
Ocupados Totales	Col	-0,825	0,969	1,000	0,134	0,395	0,400
	M.B.	-0,270	0,988	1,000	-0,097	0,734	0,716
	M.P.	-0,271	0,986	1,000	-0,093	0,751	0,701
	T.H. K	-0,319	0,991	1,000	-0,135	0,737	0,707
	T.H	-0,326	0,996	1,000	-0,130	0,757	0,712
	T.K.	-0,309	0,985	1,000	-0,138	0,716	0,696
V.A. Agrope.	Col	-0,018	0,089	0,134	1,000	0,125	0,206
	M.B.	0,862	-0,228	-0,097	1,000	0,053	0,158
	M.P.	0,856	-0,235	-0,093	1,000	0,047	0,275
	T.H. K	0,841	-0,245	-0,135	1,000	0,024	0,166
	T.H	0,839	-0,209	-0,130	1,000	0,086	0,253
	T.K.	0,847	-0,284	-0,138	1,000	-0,044	0,085
	Col	-0,217	0,335	0,395	0,125	1,000	0,997

		Empleo Agrope.	Empleo no Agrope.	Ocupados Totales	V.A. Agrope.	V.A. no Agrope.	PIB. Total
V.A. no Agrope.	M.B.	-0,407	0,759	0,734	0,053	1,000	0,995
	M.P.	-0,418	0,777	0,751	0,047	1,000	0,973
	T.H. K	-0,467	0,763	0,737	0,024	1,000	0,990
	TH	-0,410	0,770	0,757	0,086	1,000	0,986
	T.K.	-0,521	0,760	0,716	-0,044	1,000	0,992
PIB Total	Col	-0,215	0,337	0,400	0,206	0,997	1,000
	M.B.	-0,311	0,726	0,716	0,158	0,995	1,000
	M.P.	-0,206	0,694	0,701	0,275	0,973	1,000
	T.H. K	-0,340	0,717	0,707	0,166	0,990	1,000
	TH	-0,255	0,712	0,712	0,253	0,986	1,000
	T.K.	-0,411	0,722	0,696	0,085	0,992	1,000

Las correlaciones fueron calculadas con la participación del empleo sectorial y el Ln de los valores agregados sectoriales y totales aplicando el filtro H-P.