

# El papel de la infraestructura rural en el desarrollo agrícola en Colombia\*

---

Ignacio Lozano-Espitia\*\*  
Juan Camilo Restrepo-Salazar

## Abstract

*Historically agriculture has been a main economic activity in Colombia. Its performance depends on productivity, which seems to be correlated with public services. This study estimated the coverage rates of major infrastructure services and evaluated the effects on land productivity for sixteen crops in various regions of the country. Using Propensity Score Matching it estimates that the productivity of one third of crops has been positively affected by irrigation and drainage districts. The area dedicated to agriculture in most crops is also positively affected by the distance to storage areas and the density of the network of tertiary roads. A redistribution of public resources towards the provision of rural infrastructure is critical for rural development.*

## Resumen

*La agricultura ha sido históricamente una actividad prioritaria en Colombia. Su desempeño depende primordialmente de la productividad, la cual parece estar correlacionada con los bienes públicos del sector. En el trabajo se estiman las coberturas de los principales bienes de infraestructura y se evalúan sus efectos sobre el rendimiento y el área sembrada de dieciséis cultivos cosechados en diversas regiones del país. Utilizando modelos de emparejamiento (Propensity Score Matching) se encuentra que el rendimiento de una tercera parte de los cultivos ha sido impactado positivamente por los distritos de riego y drenaje. También revela que el mejor acceso a los centros de acopio y la red de vías terciarias afectan positivamente las áreas sembradas de la mayor parte de los cultivos. Una reasignación de los recursos del Estado hacia la provisión de infraestructura rural es crucial para el desarrollo agrícola del país.*

*Keywords: Public Services, Land Productivity, Land Use, Irrigation Systems, Transportation Time*

*Palabras clave: Bienes públicos; Productividad agrícola, Uso de la tierra; Sistemas de irrigación, Tiempos de desplazamiento*

*Clasificación JEL: H41, Q12, Q24; Q25, R41*

*Primera versión recibida el 9 de octubre de 2016; versión final aceptada el 25 de noviembre de 2016*

*Coyuntura Económica. Volumen XLVI, No. 1, Junio de 2016, pp. 107-147. Fedesarrollo, Bogotá - Colombia*

---

\* La serie Borradores de Economía es una publicación de la Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República. Los trabajos son de carácter provisional, las opiniones y posibles errores son responsabilidad exclusiva de los autores y sus contenidos no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva

\*\* ilozanes@banrep.gov.co. Los autores agradecen a Lina María Ramírez por su excelente labor de asistencia y a Laura Ardila por el manejo y procesamiento de las bases de datos. También desean expresar sus agradecimientos a un evaluador anónimo y a Felipe Fonseca, Director de la UPRA y Dairo Estrada, ex asesor de Finagro, por la información suministrada.

## I. Introducción

La agricultura ha sido históricamente una actividad prioritaria en la economía colombiana. Aunque su contribución al producto nacional ha disminuido en la medida que el país ha logrado mayores niveles de ingreso per cápita, el progreso agrícola seguirá siendo esencial para el crecimiento económico, la generación de empleo, el desarrollo rural y, especialmente, para la mitigación de la pobreza. Los avances tecnológicos en la producción de cultivos han ayudado a la seguridad alimentaria y serán cruciales para el desarrollo sostenible de largo plazo. Desde el punto de vista del postconflicto, las políticas públicas relacionadas con el agro serán esenciales en el proceso de reinserción que surja de los acuerdos de La Habana.

El bienestar de la población vinculada a la agricultura dependerá primordialmente de las mejoras en la productividad del sector. A su vez, ésta se encuentra estrechamente relacionada con la infraestructura, el acceso a la tierra, el buen funcionamiento de los mercados, la calidad de las instituciones y el acceso apropiado a la tecnología y al crédito. La experiencia internacional ofrece amplia evidencia sobre el papel que juega cada uno. Sin embargo, dentro de los factores que impulsan la productividad y el rendimiento de los cultivos, la infraestructura para el agro juega un rol central<sup>1</sup>.

En efecto, las deficiencias en la infraestructura para el agro que en principio se debe subsanar con apoyo del Estado, pues se trata de bienes públicos de uso colectivo, no sólo menoscaban la productividad y el rendimiento de los cultivos sino que, además, entorpece el funcionamiento de los mercados y limita su integración espacial y temporal. Estas deficiencias también desincentivan la inversión en nuevos proyectos agrícolas y menoscaban, por consiguiente, la competitividad de la producción nacional en los mercados internacionales. El efecto sobre la estabilidad de precios no es menos importante, ya que la carencia de bienes públicos en el campo se traduce en mayores costos de transacción, entorpeciendo así el suministro adecuado de alimentos para la canasta familiar.

Los bienes públicos que requiere la agricultura son de diversa índole. Los principales tienen que ver con la adecuación de tierras mediante los sistemas de irrigación y drenaje, las vías y los sistemas de transporte, los centros de acopio y comercialización, el suministro de energía y las telecomunicaciones. Como se ilustrará más adelante, es evidente la deficiencia que en la mayoría de estos servicios enfrentan las distintas regiones del país. Los primeros resultados del Censo Agropecuario 2014 (CNA, 2014) ofrece evidencia sobre esta materia. A la anterior lista se deben adicionar los servicios de asistencia técnica y acceso preferencial al crédito y

---

<sup>1</sup> Ver, por ejemplo, Fan y Zhang (2004) y Pinstруп-Andersen *et al.* (2006)

al sistema asegurador, a fin de remover los fallos de mercado y crear las condiciones que requiere la agricultura moderna.

Para facilitar el análisis, en este trabajo se clasifican los bienes públicos de infraestructura en dos categorías: el primero conformado por los distritos de riego y drenaje y, la segunda, por el resto de bienes, entre los que seleccionamos las carreteras, los centros de acopio para la comercialización y la energía rural. La clasificación se debe a que sus canales de impacto en el desempeño agrícola difieren, pues mientras los primeros afectan de manera directa el rendimiento de los cultivos y, por supuesto, la productividad factorial, el impacto de los segundos es indirecto y sus beneficios recaen no sólo sobre las fincas agrícolas, sino en general sobre toda la comunidad campesina.

El Estado colombiano ha venido asignando importantes recursos para ampliar y mejorar la provisión de bienes públicos para el campo. No obstante, es preciso subrayar que en los años recientes se han aumentado las ayudas directas a ciertos grupos de productores, que han mostrado capacidad de lobby, en desmedro de los fondos para fortalecer la infraestructura. Por supuesto, esta práctica va en contra del principio de eficiencia que debe guiar la asignación de los recursos públicos, ya que al tener garantizadas sus rentas,

los beneficiarios de dichas ayudas tienen pocos incentivos a mejorar sus procesos de producción y hacerse más competitivos. En términos de equidad, la distribución de estos recursos es regresiva por la estructura de tenencia de la tierra dedicada a la caficultura. Además, con los subsidios directos, el gobierno genera señales equivocadas (incentivos perversos) al resto de agricultores, quienes invocando los derechos de la igualdad y universalidad querrán que el Estado también les transfiera recursos para proteger sus rentas.

En adición a las asignaciones para infraestructura rural y los subsidios directos, el gobierno ha destinado fondos para los programas de adjudicación de tierras y baldíos a las comunidades más vulnerables, la construcción de vivienda rural de interés social (con saneamiento básico, especialmente agua potable), y a la provisión de los servicios de salud mediante el régimen subsidiado. Con estas ayudas se ha buscado aliviar la pobreza de la población rural y brindarles mayor capacitación y oportunidades para desarrollar mejor sus labores agrícolas, todo ello enmarcado bajo el concepto de la "nueva ruralidad"<sup>2</sup>. Aunque los programas descritos podrían no guardar una relación directa con el rendimiento de los cultivos agrícolas, contribuirán a formar el "capital básico" para el campo (Hernández *et al.*, 2014) y a cerrar las brechas entre la población rural frente a la urbana.

---

<sup>2</sup> Ver los alcances de este concepto en Restrepo (2014).

Este trabajo tiene como objetivo central analizar las coberturas de los principales bienes de infraestructura en el agro colombiano y evaluar sus posibles efectos sobre el rendimiento y las áreas sembradas de los principales cultivos cosechados en las diversas regiones del país. Puesto que la provisión de infraestructura está asociada al monto y distribución del presupuesto, con base en los resultados del estudio se recomienda una reorientación de la política agrícola hacia el suministro de los bienes públicos "jalonadores" de la productividad.

El trabajo contiene cuatro secciones adicionales a esta introducción. En la sección II se hacen unas breves reflexiones sobre la importancia de los bienes públicos para las actividades del campo y se describen las asignaciones presupuestales de la nación para el sector agropecuario. En la sección III se calculan las coberturas de los principales bienes públicos para el agro y se analizan inter-regionalmente teniendo en cuenta la vocación y el uso del suelo. En la sección IV se estiman modelos de emparejamiento PSM (*Propensity Score Matching*), para valorar los impactos de los principales bienes de infraestructura sobre el rendimiento de los principales cultivos y sobre las áreas sembradas. Los parámetros obtenidos con esta técnica capturan los efectos de cada uno de los bienes públicos sobre el rendimiento y las áreas sembradas de cada cultivo cosechado en regiones (municipios) equiparables. Los ejercicios controlan por otros factores relevantes que podrían influir en el resultado. Del diagnóstico y la evaluación empírica surgirán las

conclusiones y recomendaciones de política que se consignan en la sección V.

Desde el punto de vista de los datos, el trabajo usa información sobre el Presupuesto General de la Nación proveniente del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, (MHCP), y del Departamento Nacional de Planeación, (DNP). Estos datos se complementan con la información financiera georeferenciada para el sector agropecuario del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, (FINAGRO). La información, también georeferenciada, sobre la producción y rendimiento de los cultivos, infraestructura rural, usos y vocación del suelo, entre otros, proviene de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, (UPRA). Los datos que se toman para estimar la cobertura de los bienes públicos para el agro, tiene que ver con los distritos de riego y drenaje, los tiempos de desplazamiento de las áreas rurales a las ciudades capitales de departamentos y a los centros de acopio y comercialización (las isócronas), la red vial nacional, clasificadas las carreteras en seis tipos y el sistema de energía eléctrica que llega tanto a las cabeceras municipales como a las áreas rurales.

## **II. Los bienes públicos para el agro y su financiamiento**

### **A. Importancia de los bienes públicos**

Los fallos del mercado se presentan en muchos procesos de producción y ocurren tanto por la

naturaleza los bienes y servicios generados como por la información sobre los agentes participantes. En el primer caso conviene precisar que los llamados bienes públicos para la agricultura (los sistemas de riego y drenaje, las carreteras rurales, los centros de acopio, etc.), al ser no rivales en su uso y, además, al no excluir de sus servicios a ninguno de sus potenciales beneficiarios, deben ser provistos por el Estado, pues los particulares no tienen suficientes incentivos para ofrecerlos de manera eficiente. La razón es que por su naturaleza, estos bienes generan externalidades, lo cual implica que su beneficio social excede el privado. La valoración de los beneficios de una carretera rural, por ejemplo, debe contemplar no sólo los menores costos de transacción por la entrada de insumos o la salida del producto de la finca del agricultor, sino también todos los que obtiene la comunidad campesina por su uso, cuya valoración no es trivial. En la práctica, los particulares no obtienen el retorno esperado de sus inversiones para sustituir al Estado en esta labor de provisión, aunque, en ciertos casos, el gobierno podría convocar al sector privado a que participe en financiación de proyectos públicos, mediante algún esquema de garantías de retorno mínimo.

La segunda consideración tiene que ver con la información que manejan los participantes de los mercados agrícolas. Por los riesgos que enfrentan los productores, especialmente ante los cambios climáticos, desastres naturales y alta volatilidad de los precios de los alimentos y materias primas,

dependientes cada vez en mayor grado de los mercados globalizados, la información pertinente para la agricultura suele ser incompleta y su manejo asimétrico entre los agentes. Estos hechos crean importantes restricciones para el buen funcionamiento del mercado del crédito y de los seguros, que deben ser corregidas por el Estado.

En efecto, por problemas de información ni los bancos privados ni las compañías aseguradoras ofrecen suficientes líneas de préstamos, ni coberturas ante las principales contingencias, en los términos que requiere la actividad. Por consiguiente, son los gobiernos quienes terminan promoviendo los sistemas de información y otorgando, mediante sus agencias, créditos y seguros subsidiados. El diseño de estas ayudas financieras a los productores debe evitar los problemas de riesgo moral y selección adversa que son comunes en los mercados financieros. La remoción de los fallos asociados con la información y los mercados incompletos es primordial para los empresarios del campo.

Las actividades de investigación y desarrollo (I+D) en el agro para innovar o mejorar los procesos de producción tienen la característica de no-rivalidad de un bien público. Si bien su aplicación y extensión masiva a un costo razonable es deseable, en la práctica se encuentran serias restricciones porque el conocimiento científico y las nuevas tecnologías del sector se protegen mediante patentes y otros contratos que fijan derechos de propiedad intelectual onerosos (especialmente

para los países de menor desarrollo que usualmente copian y/o adaptan las innovaciones). Estas circunstancias lleva a que las actividades de I+D en el mejoramiento y variedad de semillas, uso fertilizantes, innovación en equipos y maquinaria y el desarrollo de procesos productivos más eficientes y compatibles con el desarrollo sostenible, tenga las propiedades de un bien público. La evidencia indica que la aplicación exitosa de las actividades de I+D está asociada con los bienes de infraestructura del sector<sup>3</sup>.

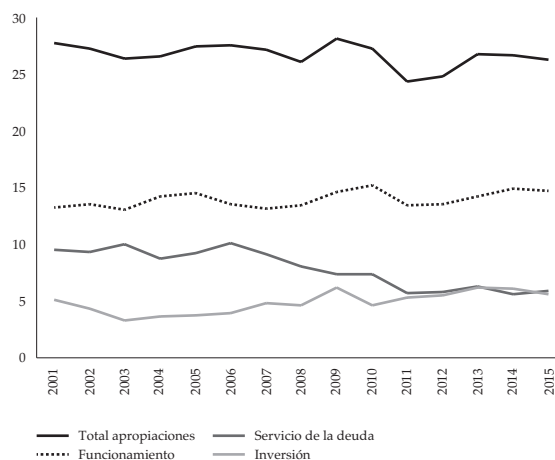
## B. Distribución de los recursos públicos de inversión

Las ayudas del gobierno para la provisión de los bienes públicos para el agro, bajo las modalidades de infraestructura, I+D, asistencia técnica y acceso preferencial a los créditos y seguros, por mencionar los más importantes, se asignan en la práctica mediante el presupuesto de inversión que anualmente aprueba el Congreso. Además de la inversión, el gobierno presupuesta los gastos de funcionamiento y el servicio de la deuda, sobre los que tiene menos discreción en la reasignación y/o recorte.

El Gráfico 1 muestra el presupuesto de gastos de la Nación (o la llamada Ley de apropiaciones)

desde el año 2001. El gasto total ha oscilado entre 25% y 28% del PIB (26,7% en la media) y más de la mitad de los recursos (el 52,5%) se han destinado, en promedio, al funcionamiento del Estado, el 30% al servicio de la deuda y menos de una quinta parte (18%) a la inversión. El cambio más notorio tiene que ver con descenso paulatino en el servicio de la deuda (de 10% a 5,9% del PIB entre 2006 y 2015), lo que le ha permitido a la inversión ganar espacio. Durante 2013 y 2014 el presupuesto de inversión representó algo más del 6% del PIB, mientras que diez años atrás sólo representaba la mitad (3,3% del PIB).

**Gráfico 1**  
**PRESUPUESTO DE APROPIACIONES DE LA NACIÓN 2001-2015 (% del PIB)**



Fuente: Cálculos de los autores con información del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP).

<sup>3</sup> Thirtle, Lin, y Piesse (2003) ofrece evidencia para 44 países en desarrollo (de África, Asia y América Latina) sobre el papel de la infraestructura en la aplicación exitosa de las actividades de I+D.

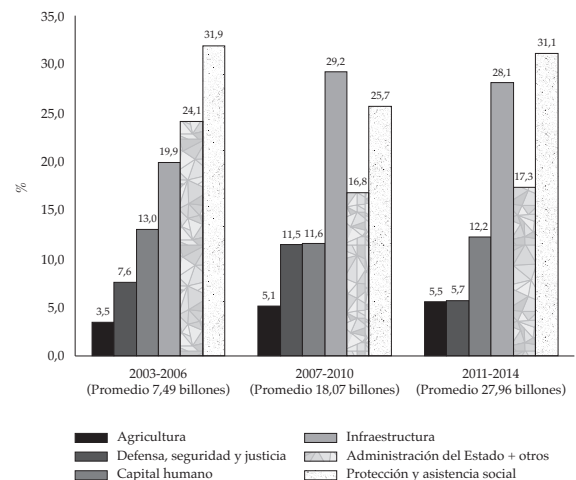
La distribución sectorial del presupuesto de inversión no es sencilla por el extenso número de proyectos que se financian con estos recursos. Para tener una idea sobre su destino, hemos reagrupado las partidas del presupuesto publicadas por el DNP en siete grandes sectores de acuerdo con el nombre del proyecto y la unidad ejecutora. Los siete sectores son el agropecuario, infraestructura (que incluye los presupuestos para minas y energía, transporte y comunicaciones), capital humano (educación, salud, cultura y formación para el trabajo -Sena), protección y asistencia social (donde se incluye principalmente el ICBF, el régimen subsidiado de salud y los programas de inclusión y prosperidad social), la administración del Estado y otros (que incluye el medio ambiente, comercio, vivienda, ciencia y tecnología, entre otros).

El Gráfico 2 muestra los resultados. El presupuesto de inversión ascendió a \$7,5 billones por año, en promedio, durante el cuatrienio 2003-2006 y luego se incrementó a \$18,1 billones y \$28,7 billones en los últimos dos cuatrienios. Cerca de una tercera parte se ha destinado a los programas de protección y asistencia social, sobresaliendo el presupuesto para el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, el régimen subsidiado de salud y el programa de familias y jóvenes en acción. Dos hechos adicionales llaman la atención. El primero es el incremento sustancial de los recursos público para la infraestructura, pues en los últimos ocho años ha participado con cerca del 30% del total. Alguna fracción de esos recursos han

beneficiado las áreas rurales del país (por ejemplo vías terciarias).

El segundo es la menor participación del sector de defensa, seguridad y justicia. Mientras en la segunda fase del programa de seguridad democrática (2007-2010) dicho sector alcanzó 11,5% de participación, en el siguiente se redujo a 5,9%. Claro está que la mayor parte de los recursos para la operación de la fuerza pública se asignan a través del presupuesto de funcionamiento, como también

**Gráfico 2**  
**DISTRIBUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN 2003-2014**



Infraestructura: Minas y Energía, Transporte y Comunicaciones. Capital Humano: Educación, Cultura, Salud y Formación para el Trabajo (SENA).

Protección y Asistencia Social: Régimen subsidiado, ICBF, Inclusión y Prosperidad Social.

Otros: Medio Ambiente, Comercio, Vivienda, Ciencia y Tecnología.

Fuente: Cálculos de los autores con información del Departamento Nacional de Planeación (DNP).



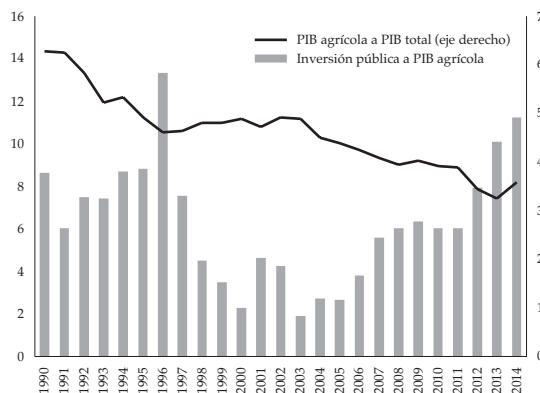
ocurre con la financiación del sector educativo, cuyos recursos para la construcción y ampliación de aulas y equipos se agrupan en el sector capital humano (participando con cerca del 13%).

Al margen de describir en detalle toda la sectorización de los recursos públicos, el punto a resaltar es la participación marginal que históricamente ha tenido el sector agropecuario. El Gráfico 2 muestra que la inversión ejecutada a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) sólo representó el 3,5% del total entre 2003 y 2006. Luego se incrementó marginalmente a 5,2% y 5,5% en los últimos dos cuatrienios. En una retrospectiva más amplia, ésta representó el 8% del producto agropecuario en la primera parte de los noventa, cuando el sector tuvo compensaciones importantes por la apertura comercial de la economía (Gráfico 3). Sin embargo, la inversión se redujo sustancialmente con la crisis de finales de la década, cayendo hasta el 2% del PIB del sector en el año 2003.

Con la recuperación de la economía a partir de 2004 y el mejoramiento de las finanzas del Estado por el auge del precio de los commodities, se restauró la inversión pública en el agro (representó en promedio el 6% del PIB agropecuario entre 2007-2011). Nótese que en los últimos tres años, la inversión en el agro recupera a los niveles observados veinte años atrás. En 2013 y 2014 la inversión se incrementó en algo más de tres puntos porcentuales del PIB agropecuario (pasó de 8% a

11,3%), especialmente por las ayudas directas al sector cafetero.

**Gráfico 3**  
**INVERSIÓN PÚBLICA Y PIB AGROPECUARIO**  
(% del PIB)



Fuente: Cálculos de los autores con información del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el DANE.

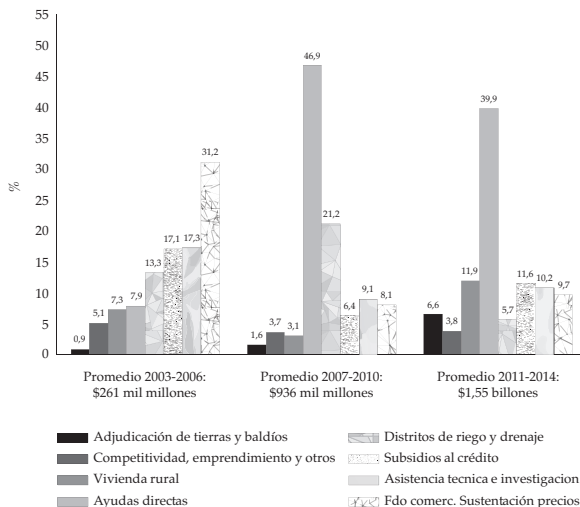
Aunque los pronósticos de inversión a corto y mediano plazos no se incluyen en el Gráfico 2, todo parece indicar que el presupuesto de inversión del sector sufrirá un recorte importante en 2016, como consecuencia del entorno externo y de desaceleración de la economía que endurece la restricción presupuestal del gobierno. Con los mayores recursos de inversión registrados entre 2011 y 2014, se fortalecieron algunos programas del sector agropecuario y se ha aliviado a la pobreza en las zonas campesinas del país. Como se muestra en la siguiente sección, la mayor parte de los recursos públicos se transfirieron como ayudas directas a los productores, especialmente en 2013, con impactos inciertos sobre el desempeño del sector.



## C. Principales Programas del Sector Agropecuario

Para identificar la financiación de los principales programas de la política agropecuaria, agrupamos las ejecuciones del presupuesto de inversión del MADR en ocho grandes categorías: i) adquisición y adjudicación de tierras y baldíos a las comunidades más vulnerables, ii) competitividad y emprendimiento de las familias campesinas, iii) asistencia técnica, iv) sustentación de precios, v) sistemas de riego y drenaje, vi) subsidios otorgados a través del crédito, vii) vivienda rural, y viii) ayudas directas discrecionales a los productores. El Gráfico 4 muestra los resultados.

**Gráfico 4**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA INVERSIÓN EN EL SECTOR AGROPECUARIO 2003-2014**



Fuente: Cálculos de los autores con información del Departamento Nacional de Planeación (DNP).

En promedio, el presupuesto de inversión del sector pasó de \$261 mil millones anuales en el período 2003-2006 a \$936 mil millones y \$1,55 billones en los subsiguientes dos cuatrienios, respectivamente. Los programas que han demandado más recursos han cambiado de prioridad en los últimos planes de desarrollo y, con ello, han variado los instrumentos para impulsar el desarrollo rural. En efecto, en el Plan Nacional de Desarrollo "Hacia un Estado Comunitario: 2002-2006" la política agrícola orientó los recursos especialmente a fondear los esquemas de sustentación de precios, los subsidios a través del crédito y la asistencia técnica. A esos tres programas se destinaron dos terceras partes del presupuesto del sector, en promedio.

En el Plan "Estado Comunitario: Desarrollo para todos, 2006-2010" el énfasis de la política del sector cambia de manera sustancial. Las ayudas directas a los productores mediante el programa Agro Ingreso Seguro, (AIS), se constituyeron en el mecanismo prioritario de apoyo al sector, absorbiendo casi la mitad de los recursos. También se apoyó los sistemas de irrigación (riego y drenaje), programa que absorbió una quinta parte del presupuesto. El programa AIS buscaba, en principio, proteger el ingreso de productores nacionales y prepararlos frente a la competencia que generaría el acuerdo de libre comercio (TLC), especialmente con los Estados Unidos. Por los problemas que fueron de conocimiento público, el AIS se transformó en la siguiente administración en el programa de Desarrollo Rural con Equidad, (DRE).

En el último plan de desarrollo "Prosperidad para todos, 2010-2014" los recursos del presupuesto de inversión se han venido destinando primordialmente a la adquisición y adjudicación de tierras y baldíos, a subsidiar la vivienda rural y a apoyar la asistencia técnica. A algunos programas de infraestructura se le asignaron recursos, pero marginalmente. Sin embargo, los recursos más cuantiosos del presupuesto de 2013 se destinaron al otorgamiento de ayudas directas a los productores cafeteros (\$922 mil millones, mediante el programa PIC), con las deficiencias ya descritas.

Desde el punto de vista institucional, el cambio más importante se registró en 2003, cuando se liquidaron cuatro entidades (Incora, DRI, INPA e INAT), y se fusionaron en el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Incoder. Desde entonces, la ejecución de los programas orientados a reformar el sector, a promover su desarrollo integral, a adecuar las tierras y manejar la pesca, quedaron bajo esta la nueva entidad.

### **III. Coberturas de la Infraestructura para el Agro**

#### **A. Los distritos de riego y drenaje**

La construcción de los distritos de riego y drenaje ha sido concebida históricamente como el mecanismo idóneo de regulación hídrica que permite extender el uso del suelo para la producción agrícola, aumentar su rendimiento, facilitar la aplicación

de nuevas tecnologías y mejorar la competitividad de muchos cultivos. Otras virtudes han sido atribuidas a este tipo de infraestructura. En materia de empleo, por ejemplo, las oportunidades laborales podrían aumentar una vez se implementan los sistemas de riego, puesto que se requiere más mano de obra para la siembra y cosecha de nuevas tierras incorporadas a la producción y/o para las industrias que suministran insumos. Por su parte, la seguridad alimentaria se beneficia de los sistemas de irrigación, al tener impactos positivos tanto sobre los volúmenes como sobre la calidad de los productos (FAO, 1996).

La evidencia internacional sobre algunos de estos atributos es concluyente. El 40% de los alimentos que se producen a nivel mundial provienen de tierras que cuentan con regadío y sólo utilizan el 17% del suelo cultivable (Schoengold y Zilberman, 2007). Esto indica que el rendimiento por hectárea (ha) de los alimentos que se benefician de los sistemas de irrigación excede con creces a aquellos que no cuentan con dichos sistemas. Las diferencias en el rendimiento se ven reflejadas en el valor de la producción y en la productividad total de los factores (PTF).

Utilizando información de la FAO a nivel internacional, Dregne y Chou (1992) estiman el valor de la producción de los cultivos procedentes de tierras con sistemas de irrigación en US\$625/ha/año, en contraste con US\$95/ha/año para la producción de cultivos sin regadío y US\$17,5/ha/

año para las tierras usadas en pastoreo. Con datos de producción para el período 1956-1987, Evenson, Ruega y Rosegrant, (1999) encuentran que el riego afecta positivamente la PTF de la agricultura de la India, en un valor que excede ampliamente los costos totales de uso del agua provista a través de sistemas de irrigación. Para un período más reciente (1974-1991) y con metodologías alternativas, Xang y Fan (2004) ofrecen más evidencia sobre el impacto positivo de los sistemas de irrigación sobre la FPT en la India. Por su parte, Magno, Cardoso y Salvato (2008) dan evidencia en la misma dirección para Brasil.

Los beneficios registrados en los sistemas de irrigación llevaron a su ampliación a lo largo del siglo XX. A nivel global, las tierras beneficiadas con los sistemas de riego pasaron de 50 millones de hectáreas (mha) en 1900 a 262 millones en 1995. Por regiones, Asia cuenta actualmente con el mayor número de hectáreas beneficiadas (181 mha), seguida por Norte y Centro América (30 mha), Europa (26 mha), África (12 mha) y Sur América (10 mha). Entre los países con sistemas de irrigación que benefician mayormente sus áreas cultivables se encuentran China (50mha), India (53 mha) y EE.UU (21 mha). Para los dos primeros, la cobertura de tierras con servicios hídricos asciende a 37% y 31%, respectivamente (Gleick, 2000).

En Colombia, los primeros distritos de riego se fundaron en la primera parte del siglo XX: Prado-Sevilla en los años veinte, Alto Chicamocha, Fira-

vitoba y Samacá en los treintas, Coello-Saldaña a finales de los cuarentas. Sin embargo, fue a partir de los años sesenta cuando se expanden estas obras de infraestructura (Incoder, 2012). Con corte en 2007, el país contaba con 512 distritos, incluidos los de escalas grande (14), mediana (9) y pequeña (489). De éstos últimos, estaban en funcionamiento sólo el 65%. La cobertura de las tierras que accede a sistemas de irrigación es muy baja, especialmente cuando se compara a nivel internacional, y existen grandes discrepancias regionales en esta materia, aunque en la agenda del sector se mencione que sigue siendo el programa más importante de adecuación de tierras.

El Cuadro 1 registra la información más relevante sobre los distritos de riego y drenaje en Colombia. Allí se adiciona información sobre la vocación y uso de los suelos en la agricultura. En la parte superior se totalizan las variables a nivel nacional y en la inferior se muestran por regiones. Los 512 distritos benefician a cerca de 46 mil usuarios en todo el país y cubren con regadío algo más de 233 mil hectáreas. Con la información del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial, SIGOT, sobre los suelos potenciales para distritos de riego con moderadas limitaciones biofísicas (que ascienden 3,08 millones de hectáreas), se obtiene una cobertura de 7,6%. Si alternativamente se tienen en cuenta los suelos con moderadas y bajas limitaciones biofísicas (que suman 4,2 millones de hectáreas), la cobertura de los distritos de riego en Colombia se reduce a 5,6%.

## Cuadro 1

### DISTRITOS DE RIEGO, VOCACIÓN Y USO DE LAS TIERRAS EN LA AGRICULTURA

	Total Nacional, por escala del distrito						Porcentajes*		
	Número de distritos	Porcentaje función	Número de usuarios	Área regada (ha)	Área beneficiada (ha)	Cobertura aérea regada (%) (1) (2)		Suelos vocación agrícola	Suelos uso agrícola
Total	512		45.708	233.407	151.372	7,6	5,6	46,0	33,7
Pequeña	489	65	25.022	48.382	30.643				
Mediana	9	100	4.788	21.030	17.673				
Grande	14	100	15.898	163.995	103.056				
Por departamentos									
Antioquia	38	87	2.309	4.111	3.198	4,3	2,9	83,0	52,1
Atlántico	30	23	792	4.339	4.085	16,2	16,2	76,4	51,4
Bolívar	17	6	1.853	20.245	5.679	74,2	11,3	60,6	43,5
Boyacá	38	79	6.615	9.286	8.813	n.d	25,1	56,7	47,4
Caldas	3	100	185	347	348	1,3	0,7	70,5	43,6
Casanare	8	63	310	881	1.156	n.d	n.d	13,7	7,3
Cauca	29	83	1.711	2.074	1.680	5,7	4,0	40,7	70,3
Cesar	4	75	319	465	137	0,4	0,1	59,3	31,6
Córdoba	1	100	4.650	47.000	47.000	30,0	25,1	63,6	29,0
Cundinamarca	22	73	2.318	3.146	2.783	5,9	1,6	56,1	55,5
Guajira	13	0	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	45,5	31,5
Huila	59	73	2.695	9.850	8.832	11,7	8,0	61,7	51,7
Magdalena	14	43	2.099	30.770	30.370	10,4	9,0	83,2	27,5
Meta	14	71	377	829	539	0,2	0,2	39,2	19,3
Nariño	45	89	3.803	4.340	3.575	6,6	3,9	53,2	73,0
Norte de Santander	56	75	4.672	21.485	20.159	n.d	n.d	62,3	65,9
Putumayo	1	100	3.001	8.300	8.300	n.d	n.d	12,0	60,9
Quindío	1	100	41	250	38	0,9	0,8	91,8	79,2
Risaralda	6	83	257	628	389	18,2	18,2	59,3	68,4
Santander	34	79	1.974	2.839	3.580	7,2	4,8	47,6	50,3
Sucre	26	46	690	532	n.d	0,8	0,4	64,1	28,1
Tolima	45	58	4.760	61.055	214	83,5	38,9	73,0	52,5
Valle Cauca	8	88	277	635	497	2,0	0,5	63,1	62,4

La información sobre Distritos es para 2007. La de vocación y uso del suelo para 2014.

n.d: no disponible.

(1) Cobertura calculada sobre área potencial para riego con moderadas limitaciones biofísicas

(2) Cobertura calculada sobre el área potencial para riego con moderadas y bajas limitaciones biofísicas

\* Porcentaje de suelo con vocación y uso agrícola: excluye los suelos no clasificados y los cuerpos de agua. El uso de la tierra es también llamado como cobertura por la UPRA.

Fuente: SIGOT, UPRA y cálculos de los autores.

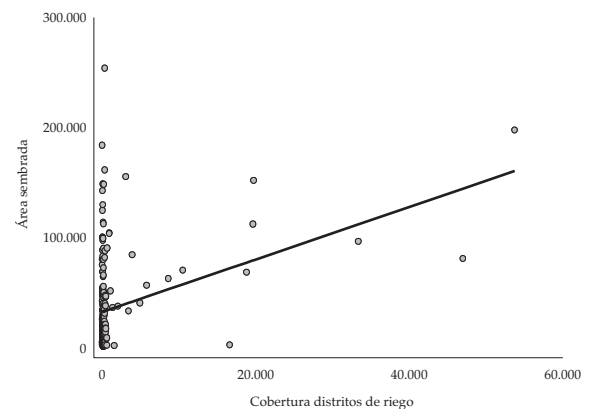
Las coberturas descritas para el país son realmente bajas no sólo con respecto a los países asiáticos que son líderes en este tipo de infraestructura (India y China, con tasas superiores al 30%), sino también frente a los países de la región cuyos suelos tienen un alto uso agrícola: México 66,1% para 2009, Chile, 44,3% en 2003, Perú 40% en 2012, Brasil 18,4% en 2010 y Argentina 14,7% en 2011<sup>4</sup>.

Las diferencias entre las regiones del país sobre el acceso de sus tierras a los distritos de riego y drenaje son evidentes. Tomando como referencia los suelos con moderadas y bajas limitaciones biofísicas, indicador No. 2 de cobertura, los departamentos de Tolima (39%), Boyacá (25%) y Córdoba (25%) registran las mayores tasas de cobertura. De acuerdo con la información de la UPRA, los suelos de estos tres departamentos registran alta vocación agrícola, siendo las tierras de Córdoba las que menos se usan para ese propósito (sólo el 29%). En cobertura de riego se sitúan luego los departamentos Risaralda (18%) Atlántico (16,2%) y Bolívar (11,3%) con tasas de cobertura de nivel intermedio y, finalmente, el resto de las regiones con tasas de cobertura por debajo de 10%.

Al examinar en detalle las coberturas de riego y drenaje frente a la vocación y uso de los suelos en la agricultura, sorprende que los municipios del Valle del Cauca, Sucre, Quindío y Casanare, cuyas

tierras tienen un alto porcentaje de vocación (por encima de 60%), prácticamente no tienen acceso a los sistema de riego y drenaje (coberturas por debajo de 1%). Quizás sea esta una de las restricciones que enfrentan los productores, quienes al no contar con este tipo de infraestructura no se ven motivados a ampliar la frontera de los cultivos. Esta hipótesis es preliminarmente verificada a través de la correlación positiva y significativa entre el área sembrada de los 218 municipios que se benefician con los sistemas de irrigación y el área regada con los distritos (Gráfico 5). Conviene anotar que los distritos son de distinta escala y hay varianza entre las áreas beneficiadas de los municipios. De la nube de puntos se deduce que el 50% de los municipios

**Gráfico 5**  
**ÁREA SEMBRADA VS. COBERTURA DISTRITOS DE RIEGO (Muestra: 218 municipios, en has)**



Fuente: SIGOT, UPRA y cálculos de los autores.

<sup>4</sup> Estas coberturas corresponden al potencial de tierras equipadas con sistemas de irrigación, publicadas por Aquastat, FAO.

tiene menos de 130 hectáreas regadas por los distritos y el 90% menos de 1000 has.

Además de la baja cobertura de los sistemas de riego y drenaje en Colombia, lo cual de por sí constituye un obstáculo para ampliar la franja agrícola en muchas regiones del país, el elevado porcentaje de los distritos de escala pequeña que actualmente no funcionan (35%), podría revelar problemas de diseño y/o gestión. Hay casos llamativos como los 13 distritos ubicados en la Guajira donde no funciona actualmente ninguno, en Bolívar con 16 distritos donde sólo funciona 1 y en Sucre con 45 distritos, donde no funcionan 19. La política agrícola de adecuación de tierras debe retomar la inactividad de 169 distritos para identificar sus impedimentos y buscarle salidas concertadas con las comunidades. En materia de gestión, la mayoría de los distritos de escala pequeña (398) ya fueron entregados por el Incoder a comunidades de usuarios para su administración.

Como lineamientos generales, la política de adecuación de tierras le debería dar mayor prioridad al análisis costo-beneficio para los nuevos proyectos de irrigación y vigilar para que sus diseños sean adecuados y su ubicación pertinente. Además, se deben promover esquemas institucionales apropiados (alianzas público privadas) para

su manejo, de manera que se garantice su buen funcionamiento a través del tiempo. Finalmente, debería establecer mecanismos para la fijación del precio del agua con criterios de eficiencia, de forma que los usuarios tengan incentivos para su uso y, a la vez, se cubra el costo marginal de extracción, operación y mantenimiento de los nuevos distritos y, si da lugar, los costos ambientales<sup>5</sup>.

## B. La red de carreteras

La construcción de vías es crucial para ampliar la frontera agrícola y, en general, para el desarrollo de la comunidad rural. Una red en carreteras de amplia cobertura y de buena calidad; esto es, afirmadas y que permanezcan en buen estado tanto en las temporadas secas como de lluvias, incentiva la siembra de cultivos al facilitar el ingreso de insumos y de asistencia técnica hacia las fincas productoras. También permite la salida de los bienes hacia los centros de abasto y de comercialización, tanto para los mercados locales como externos.

Un sistema eficiente de vías se traduce finalmente en menores costos de transacción para la producción agrícola, debido a los menores tiempos de desplazamiento y además porque se amplían las opciones de transporte de carga y de movilización de maquinaria, equipos y mano de obra.

---

<sup>5</sup> La adecuación de tierras con sistemas de irrigación ha cobrado mayor importancia en los últimos tiempos ante los fenómenos del niño y la niña cada vez más recurrentes (prolongadas sequías e intensos inviernos), que han terminado por afectar no sólo el rendimiento de los cultivos, sino el presupuesto público, al tener que el gobierno entrar a cubrir las pérdidas por los desastres naturales.

Colombia presenta rezagos muy importantes en la infraestructura de carreteras, especialmente frente a los países emergentes y de mayor desarrollo. Otras opciones de transporte de carga como las vías férreas y fluviales son realmente marginales dentro del total de la carga movilizada en el país (15% y 4% respectivamente, según Calderón and Servén, 2010). El retraso tanto en cobertura como en calidad de las carreteras, sitúa al país en el rango más alto de costos de tonelada transportada por kilómetro (OECD, 2015). Las fuertes restricciones que tienen los productores para transportar sus insumos y cosechas se presentan tanto por deficiencias en red vial que conecta las veredas con las cabeceras municipales (red terciaria), como por aquellas que conducen a los centros de abastos y hacia los puertos (red secundaria y primaria).

El Cuadro 2 muestra la cobertura de la red vial a nivel nacional y por regiones, definida como la longitud de carreteras por cada 100 kms<sup>2</sup>. La información proviene del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, para 2012 y es categorizada por la UPRA en 6 tipos de carreteras: El tipo 1 que corresponde a las carreteras pavimentada de 2 o más carriles. De acuerdo con los parámetros del Ministerio de Transporte este tipo se podría asimilar a la red primaria. El tipo 2 relaciona las vías sin pavimentar de 2 o más carriles, mientras la tipo 3 es pavimentada, angosta y transitable todo el año.

Asimilamos estas dos categorías a la red secundaria, en la medida que conectan las cabeceras municipales. Finalmente están las carreteras tipo 4, 5 y 6, que corresponden a las carreteras sin pavimentar, angosta y transitable todo el año; sin pavimentar y transitable en tiempo seco; y sin afirmado y transitable en tiempo seco, respectivamente. Estas categorías se podrían asimilar a la red terciaria, aunque en rigor no deberían incluir las vías sin afirmado.

Teniendo en cuenta las seis categorías, la red vial cuenta con 294 mil kms de carreteras, lo cual arroja una cobertura de 41,2 kms por cada 100 kms<sup>2</sup>. Sin embargo, para hacer comparables las cifras con las divulgadas por el Ministerio del Transporte y con los estándares internacionales, es necesario sustraer las carreteras de categoría 6 en razón a que son vías angostas sin afirmar (trochas) y sólo transitables en tiempo seco. Así la cosas, la red vial se reduce a 147 mil kms lo cual implica una tasa de cobertura de 22,9 kms por cada 100 kms<sup>2</sup>. Este indicador nos revela los grandes retrasos tanto en cobertura como en calidad. Nótese que dentro del total de la red vial, sólo el 12,7% de las carreteras son pavimentadas (suma de las vías tipo 1 y 3), lo cual es realmente bajo comparadas con el porcentaje de vías pavimentadas en México (36%), Chile (23%) y Argentina (23%). La cobertura de carreteras pavimentadas en Colombia es comparable con las de Perú (13%) y Brasil (13%)<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Cálculos de los autores con información proveniente de *The WorldFact Book*.



**Cuadro 2**  
**COBERTURA DE LA RED VIAL NACIONAL 2012**  
**(Km carreteras por cada 100 Kms<sup>2</sup>)**

	Vías primarias	Vías secundarias		Vías terciarias				Suelos de vocación agrícola*	Suelos de uso agrícola*
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Total		
Total Nacional	4,38	0,58	1,85	7,88	12,28	21,34	48,31	46,0	33,7
Participación	9,1	1,2	3,8	16,3	25,4	44,2	100		
<b>Departamentos</b>									
Antioquia	4,50	0,59	0,88	9,71	8,66	19,74	44,09	83,0	52,1
Atlántico	15,69	0,79	8,09	8,07	19,97	45,53	98,14	76,4	51,4
Bolívar	1,93	0,13	1,22	4,23	7,58	20,94	36,02	60,6	43,5
Boyacá	5,13	0,50	1,58	10,82	22,99	30,44	71,47	56,7	47,4
Caldas	9,49	0,76	2,25	18,48	18,23	16,59	65,80	70,5	43,6
Caquetá	0,32	0,00	0,01	0,97	2,10	7,30	10,70	21,6	21,6
Cauca	1,96	1,13	0,27	7,24	9,94	17,60	38,14	40,7	70,3
Cesar	3,41	0,67	1,10	3,57	14,04	25,83	48,62	59,3	31,6
Córdoba	2,79	0,43	0,93	6,40	17,06	26,26	53,87	63,6	29,0
Cundinamarca	10,15	2,73	4,10	17,75	23,47	24,22	82,42	56,1	55,5
Chocó	0,22	0,04	0,08	0,90	0,48	0,96	2,67	31,8	68,5
Huila	4,65	0,32	0,66	9,38	16,26	27,86	59,13	61,7	51,7
Guajira	2,38	0,38	0,86	3,28	6,91	48,29	62,09	45,5	31,5
Magdalena	2,25	0,56	0,93	4,77	11,09	41,16	60,76	83,2	27,5
Meta	0,95	0,27	0,12	1,72	7,58	17,61	28,25	39,2	19,3
Nariño	1,97	0,39	0,59	4,82	6,80	9,12	23,70	53,2	73,0
Norte de Santander	4,03	1,15	0,56	7,18	9,78	21,42	44,12	62,3	65,9
Quindío	13,30	0,00	12,37	16,22	24,24	6,16	72,29	91,8	79,2
Risaralda	6,48	0,45	5,38	19,34	12,42	9,52	53,58	59,3	68,4
Santander	3,42	1,01	1,17	13,46	14,49	27,38	60,92	47,6	50,3
Sucre	3,36	0,40	1,99	6,33	17,70	39,79	69,59	64,1	28,1
Tolima	4,51	1,63	1,22	7,96	16,50	21,95	53,77	73,0	52,5
Valle Cauca	7,64	0,34	1,32	15,02	12,97	9,73	47,03	63,1	62,4
Arauca	2,02	0,28	0,07	3,37	6,76	17,50	30,00	0,7	4,9
Casanare	1,31	0,25	0,29	3,37	9,99	19,14	34,35	13,7	7,3
Resto	0,07	0,00	0,04	0,40	1,29	2,73	4,53	29,9	11,9

Vías clasificadas según el criterio de la UPRA.

Resto: incluye a Putumayo, Amazonas, Guainía, Gaviare, Vaupés y Vichada.

\* Porcentaje de suelo con vocación y uso agrícola: Excluye los suelos no clasificados y los cuerpos de agua. El uso de la tierra es también llamado como cobertura por la UPRA.

Fuente: Cálculos de los autores con información de la UPRA.

La baja cobertura de la red terciaria y su deficiente estado (más de la mitad son carreteras sin afirmado) afecta principalmente a las economías campesinas, cuyos ingresos dependen de los excedentes que usualmente comercializan en las cabeceras municipales. Por su parte, las deficiencias en la red primaria y secundaria, afectan además la competitividad de la agricultura comercial. De acuerdo con el Banco Mundial, el coste de transporte terrestre de los productos comerciales a los puertos colombianos fue, en promedio, de US\$1.500 por container para 2013, incluidos los costos de envío, cifra que representa el doble del registrado para el promedio de los países de América del Sur y tres veces al de los países de la OECD (OECD, 2015).

El Cuadro 2 también pone en evidencia las altas discrepancias regionales en materia de cobertura y calidad de la red de carreteras, especialmente entre las regiones cuyos suelos tienen una vocación agrícola dominante; es decir, por encima del 50%. Así, los departamentos con mayor cobertura en carreteras de la costa caribe son Atlántico (98 kms/100kms<sup>2</sup>) y Sucre (70), mientras que en el interior son Cundinamarca (82) y Boyacá (72). En la zona occidental sobresalen Quindío (72) y Caldas (66). La mayor cobertura de la red vial en estas regiones es explicada por las carreteras rurales tipo 6. Los departamentos con vocación agrícola dominante pero que registran coberturas críticas en su malla vial son Nariño (24 kms/100kms<sup>2</sup>), Bolívar (36), Valle del Cauca (47), Cesar (48), Córdoba (53) y Tolima (54). En estos departamentos, la ausencia

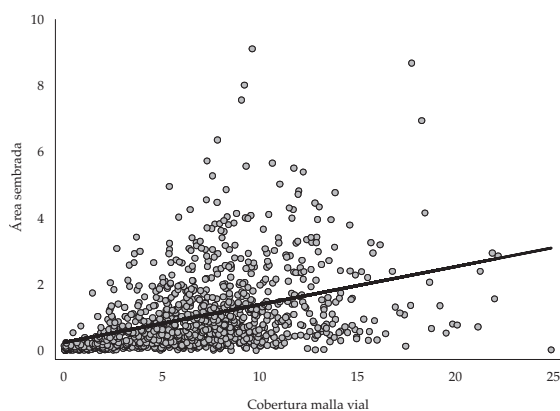
de vías y/o su mal estado, constituyen una restricción importante para ampliar su frontera agrícola.

El balance de las carreteras a nivel regional es más crítico, cuando se tiene en cuenta sólo la malla vial pavimentada. Por ejemplo, el 83% de los suelos del Magdalena tiene vocación agrícola, aunque sólo se usen para esa finalidad del 27,5% (especialmente en plantaciones de banano). Ese departamento cuenta con sólo con 3,2 kms de vías pavimentadas por cada 100 kms<sup>2</sup>. Algo similar ocurre en Sucre cuya vacación agrícola asciende a 63% y sólo se usa el 28% de las tierras, especialmente para el cultivo de maíz y yuca. Ese departamento cuenta con 3,4 kms por cada 100 kms<sup>2</sup>.

El bajo uso del suelo en la agricultura y su baja competitividad en muchos municipios del país podría estar asociado con las altas deficiencias en la malla vial. En el Gráfico 6 se muestra la correlación entre el área cultivada (como porcentaje del área total) de 1081 municipios del país con respecto a la cobertura total de la malla vial (medida en kms de carreteras por cada 1000 has). El coeficiente es positivo, asciende a 0,11 y es estadísticamente significativo. Este hallazgo preliminar es muy relevante para las políticas públicas en el agro ya que a mayor infraestructura en carreteras, tanto en extensión como en calidad, mayor uso del suelo para cultivos y mayores beneficios en términos de costos de transacción. Las carreteras categoría 6 deberían estar por lo menos afirmadas para que sean transitables tanto en tiempo seco como de llu-

vias. La correlación descrita y la posible causalidad serán analizadas con más detalle en la sección 4. Sin embargo, en el Anexo 1 ya se insinúan algunos resultados.

**Gráfico 6**  
**ÁREA SEMBRADA VS. COBERTURA**  
**MALLA VIAL**



Fuente: Cálculos de los autores con información de la UPR.

### C. Los centros minoristas y mayoristas de comercialización: tiempos de acceso desde las áreas rurales

La malla vial más extensa del país está conformada por carreteras tipo 6 que son angostas, sin afirmar y que se transitan sólo en las temporadas secas (147 mil kms). Ese tipo de carreteras explica casi la mitad de la cobertura total del país (18 de 41 kms por cada 100 kms<sup>2</sup>), y son las vías que habitualmente conectan las veredas con las cabeceras municipales. La deficiente cobertura y la baja calidad de este tipo de vías, genera sobre costos a los agricultores

que ya tienen establecida su actividad y, además, desincentiva la apertura de nuevos negocios en el sector. Esto debido a que los tiempos de desplazamiento para el transporte de insumos o para llevar sus cosechas de las fincas a las cabeceras municipales, o a los centros minoristas y/o mayoristas de comercialización, es muy extenso.

Para ilustrar esta problemática, utilizamos la información de la UPR sobre las llamadas *isocronas*. Las isocronas para las cabeceras municipales nos indican las hectáreas de un municipio que se encuentran a cierto número de horas de comunicación terrestre de sus cabeceras. Para el cálculo de los tiempos de desplazamiento se tiene en cuenta el tipo de vías con que cuente cada municipio y la correspondiente velocidad media, que es dada por el Ministerio de Transporte. Originalmente se cuenta con información sobre 10 opciones de tiempos de desplazamiento: a menos de una hora, entre una y dos horas, y así sucesivamente hasta desplazamientos superiores a 11 horas. De allí surge la isocrona dominante, que indica el rango de tiempo que tiene el mayor número de hectáreas. Para facilitar su lectura, en este trabajo se agrupan todas esas opciones en tres: A menos de una hora, entre una y tres horas y más de tres horas de desplazamiento.

El Cuadro 3 muestra los resultados. Del total del área rural del país, 65,3 millones de hectáreas (el 56%) se encuentran a más de tres horas de desplazamiento terrestre de sus cabeceras municipales

y 28,2 millones de has. (25%) a menos de una hora. Esta distribución implica que el tiempo promedio de desplazamiento de cualquier finca situada en las zonas rurales del país a su respectiva cabecera municipal, sea de 5,37 horas. Esta cifra hay que tomarla con precaución porque está altamente influenciada por extensas regiones con baja vocación y uso agrícolas, como Caquetá, Choco y los departamentos de la Orinoquia y Amazonía, agrupados en el rubro Resto, cuyos tiempos de desplazamiento promedio son, inclusive, superiores a 8 horas. La información de estos departamentos podría ser relevante para la explotación forestal ubicada en esas regiones, porque claramente la opción de transporte terrestre para estos productos es desventajosa en términos de costes.

Entre los municipios con mayor vocación y uso del suelo para la agricultura (esto es con más del 50%), pero que a su vez se encuentran más desfavorecidos en términos de los tiempos de desplazamiento de las fincas rurales hacia sus cabeceras, están los situados en Meta (4,8 horas, en promedio), Nariño (3,7 horas), Cauca (2,5 horas) y el Valle del Cauca (2,4 horas). Los productores de estas regiones podrían ser más competitivos, si contaran con una malla vial más extensa y mejor estado hacia sus zonas rurales, de manera que redujeran los tiempos de desplazamiento y, con ello, sus costos de transacción. En este sentido tendrían condiciones más igualitarias de acceso y transporte frente a otras regiones, como lo las que se registran en el eje cafetero, cuyos tiempos de

desplazamiento oscilan entre 0,6 y 0,8 horas, en promedio, o Cundinamarca (0,7 horas) y Atlántico (0,5 horas).

El indicador sobre los tiempos de desplazamiento que podría resultar más interesante para el transporte de las cosechas, aparece registrado en la sección B del Cuadro 3 (isocronas para los mercados minoristas y mayoristas). Este relaciona las hectáreas de un municipio que se encuentran a cierto número de horas de comunicación terrestre del centro de abasto minorista o mayorista más cercano, que no necesariamente está ubicado en su cabecera municipal. Su relevancia es porque se aproxima de mejor forma a los tiempos que utilizan los agricultores para comercializar sus cosechas. Nótese que para el total nacional, 95,7 millones de has. (es decir, el 84% del área total) se encuentran a más de tres horas del centro de abasto más cercano. Para ser más precisos, en promedio, se encuentran a 8 horas de comunicación terrestre. Sólo el 2,9% de las áreas rurales se encuentran a menos de una hora del centro de abasto más cercano.

Como en el caso anterior, las diferencias de este indicador entre las regiones son amplias y prácticamente todas las áreas rurales del país están a más de una hora de algún centro de abasto. Los municipios del eje cafetero (Quindío, Caldas y Risaralda), Cundinamarca y Atlántico, con vocaciones agrícolas dominantes, presentan las mejores condiciones de acceso a los centros de abasto, con tiempos de desplazamiento que toman menos de

Cuadro 3  
TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO DE LAS ÁREAS RURALES

Departamento	A. Cabeceras municipales				B. Centros minoristas y mayoristas				
	Has. Rurales de los Municipios (en miles)				Has. Rurales de los Municipios (en miles)				
	A Menos de 1 hora	Entre 1 y 3 horas	Más de 3 horas	Isocroma dominante (h: horas)	Tiempo promedio en horas	Menos de 1 hora	Entre 1 y 3 horas	Más de 3 horas	Isocroma dominantes (h: horas)
Total Nacional	28.245	22.322	63.493	Más de 3 h	5,37	3.212	15.153	95.705	Más de 3 h
Antioquia	3.241	2.000	1.055	Menos de 1 h	1,73	487	2.179	3.630	Más de 3 h
Atlántico	328	3	0	Menos de 1 h	0,51	167	163	0	Menos de 1 h
Bolívar	1.246	885	534	Menos de 1 h	1,94	1	450	2.214	Más de 3 h
Boyacá	1.598	550	170	Menos de 1 h	1,12	0	880	1.437	Más de 3 h
Caldas	629	115	0	Menos de 1 h	0,66	104	524	115	Entre 1 y 3 h
Caquetá	642	1.309	7.060	Más de 3 h	8,00	0	42	8.969	Más de 3 h
Cauca	1.244	937	944	Menos de 1 h	2,45	85	668	2.372	Más de 3 h
Cesar	1.227	940	89	Menos de 1 h	1,16	0	261	1.995	Más de 3 h
Córdoba	1.508	608	384	Menos de 1 h	1,66	0	0	2.500	Más de 3 h
Cundinamarca	1.977	394	28	Menos de 1 h	0,73	598	1.576	225	Entre 1 y 3 h
Chocó	313	992	3.518	Más de 3 h	6,09	0	105	4.720	Más de 3 h
Huila	1.115	571	128	Menos de 1 h	1,14	258	993	562	Entre 1 y 3 h
La Guajira	747	595	719	Menos de 1 h	3,31	0	8	2.053	Más de 3 h
Magdalena	1.187	849	278	Menos de 1 h	1,48	21	557	1.736	Más de 3 h
Meta	1.053	2.222	5.280	Más de 3 h	4,82	188	1.180	7.187	Más de 3 h
Nariño	895	767	1.486	Más de 3 h	3,76	0	0	3.150	Más de 3 h
Norte de Santander	1.143	731	308	Menos de 1 h	1,53	260	1.004	919	Entre 1 y 3 h
Quindío	173	20	0	Menos de 1 h	0,60	148	45	0	Menos de 1
Risaralda	260	95	1	Menos de 1 h	0,83	137	180	39	Entre 1 y 3 h
Santander	1.978	1.004	73	Menos de 1 h	0,98	244	1.625	1.185	Más de 3 h
Sucre	683	338	51	Menos de 1 h	1,08	0	33	1.039	Más de 3 h
Tolima	1.592	661	162	Menos de 1 h	1,09	44	1.605	766	Entre 1 y 3 h
Valle Cauca	1.237	380	460	Menos de 1 h	2,36	468	932	677	Entre 1 y 3 h
Arauca	620	840	923	Más de 3 h	2,78	0	0	2.383	Más de 3 h
Casanare	942	2.039	1.453	Entre 1 y 3 h	2,58	0	143	4.292	Más de 3 h
Resto*	668	2.478	38.388	Más de 3 h	8,71	0	0	41.539	Más de 3 h

\* Resto incluye a Putumayo, Amazonas, Guainía, Gaviare, Vaupés y Vichada.  
Fuente: Cálculo de los autores con base en la información de la UPRA.

2 horas. Entre dos y cinco horas están las zonas rurales de Antioquia, Boyacá, los departamentos de Santander, Cesar, Magdalena, Huila, Tolima y Valle del Cauca, que se distinguen por ser regiones con alta participación en la oferta agrícola del país y que podrían tener centros de abastos más cercanos y/o tener una malla vial de mayor cobertura y calidad para acortar esos tiempos de desplazamiento.

Sin embargo hay regiones con alta vocación y que podrían darle un uso mayor al suelo en la producción de cultivos, cuyos productores enfrentan mayores restricciones de acceso a los centros de abasto para la comercialización de sus cosechas: Cauca, Nariño, Sucre, Bolívar, Córdoba y Meta, entre los más afectados. A las fincas rurales de estas regiones les toma, en promedio, más de 5 horas de viaje para llegar al centro minorista y/o mayorista más cercano, por lo que claramente requieren más infraestructura de este tipo (una mayor red de centros de comercialización distribuida estratégicamente en la geografía nacional) y/o un mejoramiento en la malla vial, para brindarle a los productores mayores facilidades para comercializar sus cosechas.

## D. La electrificación rural

El suministro de la energía eléctrica es vital no sólo para apoyar la agricultura sino, desde una perspectiva más amplia, para el desarrollo de las comunidades rurales del país. En el caso particular del agro, la provisión de energía eléctrica en el campo

es primordial pues se constituye en insumo público esencial para la producción, almacenaje, procesamiento y comercialización de muchos productos. Sin este servicio, sería muy difícil la aplicación de muchas innovaciones de I+D para el desarrollo de nuevos procedimientos de producción.

Para sólo mencionar algunos usos, la mayor parte de los sistemas de bombeo de agua para riego o drenaje a diferentes escalas utilizan la energía eléctrica, por lo que se constituye en un insumo básico que requieren los sistemas de irrigación. En ausencia de esta fuente de energía, muchos cultivos ubicados en zonas distantes y sin acceso a este servicio utilizan motores diésel o a gasolina, cuya operación resulta más costosa y contaminante. Por otra parte, los procesos de almacenaje de muchos cultivos frágiles, como por ejemplo las flores, frutas y verduras, y el empaque que es necesario para su comercialización, requieren los servicios de la energía eléctrica. Esto por no mencionar los procesos de refrigeración a que deben estar sometidos algunos productos para su preservación, que son posibles gracias a la energía eléctrica.

En materia de cobertura, la electrificación rural en Colombia ha registrado avances importantes. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) del Ministerio de Minas y Energía calcula los índices de cobertura teniendo en cuenta el número de usuarios y de viviendas conectadas al sistema eléctrico nacional, tanto para las cabeceras municipales como para el resto del territorio

nacional. El llamado resto puede ser asociado con las coberturas registradas en las zonas rurales. En la primera parte del Cuadro 4 se registran dichos índices para 2012. Los índices elaborados a partir de la población y viviendas atendidas para el nivel nacional y para cada uno de los departamentos son relativamente altos. Con excepción de Cauca, Choco, Guajira, y Casanare las coberturas totales de las otras regiones del país están por encima del 90%. En estos mismos departamentos, a los que habría que adicionarle Magdalena, registran a su vez las coberturas más bajas de electrificación rural (por debajo del 60%).

Las coberturas con base en la población y viviendas atendidas no son del todo ilustrativas para los propósitos de este trabajo. Además de esos criterios es necesario conocer si las redes eléctricas cubren todas aquellas áreas rurales que aunque con baja densidad poblacional, son territorios de explotación (potencial) agrícola. Una manera de aproximarnos mejor a este asunto es construyendo un indicador alternativo de cobertura de electrificación rural a partir de los índices de la UPME, pero ponderándolos con el área de cada municipio. A partir de allí, se hallan los promedios departamentales como se muestra en la muestra en la columna 5 del Cuadro 4. Para el total nacional, el índice de cobertura rural se reduce de 85% (fuente UPME) a 59%, cuando se tienen en cuenta la extensión de los municipios.

A la información de electrificación rural le hemos adicionado una vez más la vocación y el uso del suelo en actividades agrícolas, con propósitos comparativos. Los departamentos del eje cafetero con clara vocación y uso del suelo para el agro, registra los mayores índices de electrificación rural (superiores al 90%). En este mismo nivel se encuentra otras regiones como Cundinamarca y Valle del Cauca. No obstante, en el otro extremo se encuentran regiones con vocación agrícola dominante como Bolívar, Boyacá, Cesar, Córdoba, Magdalena, Tolima y Meta, entre otros, con niveles de coberturas en electrificación rural que no superan el 75%.

La ampliación de las redes de energía eléctrica a las áreas rurales del país que aún registran coberturas bajas y las facilidades de acceso a los productores del campo, constituirían un apoyo directo del Estado al agro y posiblemente tendrían efectos positivos sobre la ampliación de la frontera.

En efecto, en el Gráfico 7 se muestran las correlaciones entre las áreas cultivadas (como porcentaje del área total) de 1100 municipios del país con respecto al índice de su cobertura en electrificación rural. En el panel A se muestra el ejercicio para el total de cultivos y en el B se desagregan los suelos para los cultivos transitorios y permanentes. En ambos casos se obtienen coeficientes de correlación positivos y estadísticamente significativos.



**Cuadro 4**  
**COBERTURAS EN ELECTRIFICACIÓN RURAL, 2012**

Departamento	UPME Ministerio de Minas y Energía			Medición alternativa cobertura rural*	Suelos vocación agrícola	Suelos de uso agrícola
	Cabeceras	Resto (rural)	Total			
Total Nacional	99,6	84,8	96,1	58,6	46,0	33,7
Antioquia	100,0	91,6	98,1	78,9	83,0	52,1
Atlántico	100,0	86,5	99,4	86,9	76,4	51,4
Bolívar	99,5	75,7	94,4	51,4	60,6	43,5
Boyacá	99,6	92,8	96,4	76,6	56,7	47,4
Caldas	100,0	97,6	99,3	96,3	70,5	43,6
Caquetá	98,0	73,9	90,1	62,1	21,6	21,6
Cauca	99,5	78,3	86,8	77,7	40,7	70,3
Cesar	100,0	76,4	94,9	76,0	59,3	31,6
Córdoba	100,0	80,4	91,0	72,0	63,6	29,0
Cundinamarca	99,8	98,3	99,3	98,2	56,1	55,5
Chocó	92,1	68,1	80,9	68,9	31,8	68,5
Huila	100,0	91,1	96,6	79,2	61,7	51,7
Guajira	100,0	45,1	77,8	46,4	45,5	31,5
Magdalena	100,0	58,1	91,2	61,6	83,2	27,5
Meta	99,4	72,6	93,9	65,8	39,2	19,3
Nariño	98,3	94,0	96,0	91,4	53,2	73,0
Norte de Santander	99,8	83,9	96,5	80,8	62,3	65,9
Quindío	100,0	98,3	99,8	96,3	91,8	79,2
Risaralda	100,0	96,5	99,3	91,9	59,3	68,4
Santander	99,7	87,6	96,3	86,2	47,6	50,3
Sucre	100,0	93,6	97,9	90,9	64,1	28,1
Tolima	100,0	84,9	95,6	77,9	73,0	52,5
Valle Cauca	99,6	94,9	99,0	95,8	63,1	62,4
Arauca	100,0	79,4	93,6	59,8	0,7	4,9
Casanare	90,7	50,4	79,8	47,2	13,7	7,3
Resto	n.d.	n.d.	n.d.	35,8	44,8	8,1

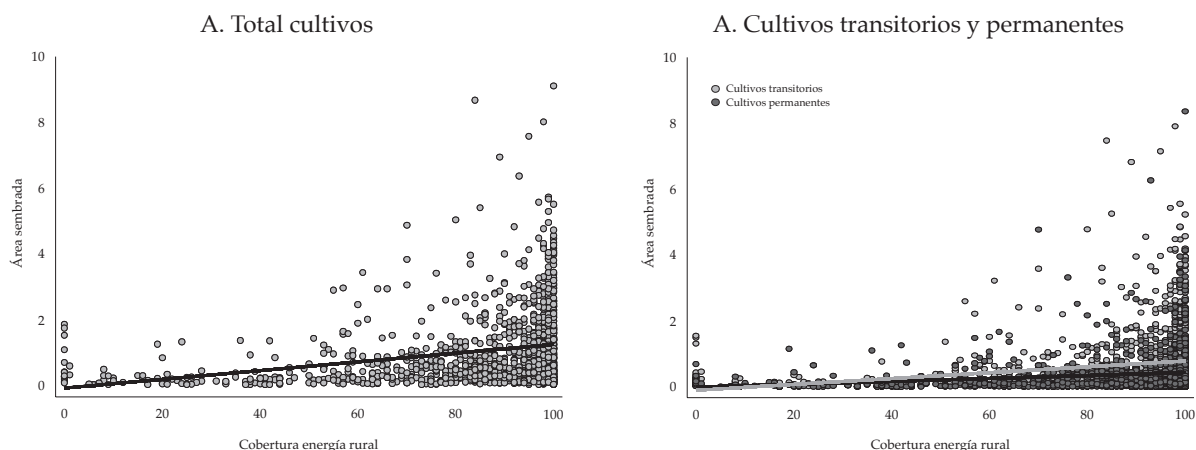
n.d: no disponible

\* La medición alternativa sobre la cobertura de electrificación rural de los departamentos se hace utilizando la extensión de cada municipio como ponderador.

Resto: incluye Putumayo, San Andrés, Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Vichada.

Fuente: Ministerio de Minas y Energía y cálculo de los autores con base en la información de la UPME y la UPRA.

**Gráfico 7**  
**ÁREAS SEMBRADA VS. COBERTURA ENERGÍA RURAL**  
**(Muestra: 1.081 municipios)**



Fuente: Ministerio de Minas y Energía y cálculo de los autores con base en la información de la UPME y la UPRA.

#### IV. Rol de la infraestructura en el rendimiento y las áreas sembradas de los principales cultivos

La incidencia de los bienes públicos de infraestructura sobre el rendimiento y las áreas sembradas de los principales cultivos de los municipios colombianos se estima utilizando las técnicas de emparejamiento. La infraestructura incluida en los ejercicios incorpora los distritos de riego y drenaje, considerado como el bien público que afecta de manera directa el rendimiento de las cosechas (producción por hectárea). También se incluyen el sistema de carreteras terciarias y los centros minoristas y mayoristas de acopio y comercialización, cuyos impactos se capturan mejor sobre las áreas sembradas. Se asume, por consiguiente, que el acceso a carreteras y las mayores

facilidades para la comercialización de las cosechas, se verán reflejados en menores costos de transacción, lo cual podría incentivar a los productores a ampliar su frontera agrícola. La electrificación rural, por su parte, se tiene en cuenta en los ejercicios como una variable de control. La técnica de emparejamiento (*Propensity Score Matching, PSM*) en cortes transversales, fue inicialmente propuesta por Rosenbaum and Rubin (1983) y, posteriormente, aplicada especialmente en el campo laboral por Heckman *et al.* (1998), Peikes *et al.*, (2008).

##### A. Emparejamiento mediante el método PS (*Propensity Score*)

La información sobre los bienes de infraestructura, el rendimiento de los cultivos y las áreas sembradas

cubre prácticamente todas las áreas rurales del país. Es preciso reconocer que los municipios en Colombia registran grandes diferencias entre ellos, no sólo en la cobertura de los bienes públicos para el agro sino en otros aspectos básicos físicos y socioeconómicos que podrían afectar el desempeño de las cosechas: altitud, humedad, extensión, vocación y fertilidad del suelo, grado de ruralidad, población, ingreso, acceso al crédito, asistencia técnica, etc.

A diferencia de las técnicas tradicionales de regresión, la de emparejamiento parece apropiada en este caso, puesto que inicialmente se escoge una muestra mediante la selección de unidades (municipios) cercanas en las características básicas observables. Definida la muestra de unidades equiparables, el método permite valorar el impacto (en diferencias entre las unidades comparadas) sobre la *variable de resultado* (en este caso el rendimiento y el área sembrada de un cultivo particular) causado exclusivamente por la variable explicativa llamada *tratamiento activo* (el bien público de interés). De esta manera se garantiza que los parámetros estimados capturen el efecto aislado de la variable de tratamiento sobre la llamada variable resultado, y no el efecto de las diferencias pre-existentes. En otras palabras, en cada ejercicio de estimación se controla por las características básicas de las unidades de análisis y también por los tratamientos que no ingresen como activos (*tratamientos de control*), según corresponda.

Existen dos problemas que eventualmente se debe enfrentar esta metodología. Uno se refiere a

la selección de las características sobre las cuales se lleva a cabo el emparejamiento y, el otro, sobre el tamaño de la muestra. El primer caso ocurre porque los efectos estimados pueden ser sensibles a las variables seleccionadas para el emparejamiento, de modo que es primordial escoger las características que tengan algún soporte teórico y/o empírico. El segundo porque entre mayor sea el número de características escogidas para emparejar y entre más heterogénea sea la distribución de características (en los controles pero también en los tratamientos), más probable que no se encuentren unidades equiparables para efectuar la comparación, obstaculizándose la estimación.

Puesto que emparejar observaciones para cada una de las características es una tarea compleja, en este trabajo acudimos a la técnica de puntajes de balance. Los *puntajes de balance* son unos valores que se obtienen a partir de las características identificadas, de manera que aquellas unidades con características similares obtienen puntajes similares. En la medida que los puntajes de balance tengan una menor dimensión con respecto al total de las características, el proceso de emparejamiento resulta más sencillo. Ahora bien, una de las medidas de balance más usadas es la llamada *propensión de participación*, *PS* (*Propensity Score*), que mide la probabilidad de que una unidad participe en el tratamiento, dadas sus características. Para computar el PS, se estima un modelo de respuesta binaria de las características contra el hecho de haber sido o no tratado.

Para entender la naturaleza de esta técnica, seguimos la notación propuesta por Rubin (1973). Así, para la unidad  $i$  ( $i=1,...,N$ ), los dos resultados potenciales de los tratamientos de control y del tratamiento activo, viene dados por  $Y_i(0)$  y  $Y_i(1)$ , respectivamente. Por su parte, la variable  $W_i$  indicará el tratamiento recibido, donde  $W_i \in \{0,1\}$ . En resumen, para la unidad  $i$  se observará  $W_i$  y el resultado del ese tratamiento estará dado por,

$$Y_i = \begin{cases} Y_i(0), & \text{si } W_i = 0, \\ Y_i(1), & \text{si } W_i = 1, \end{cases}$$

En esta representación, también se considera un vector de variables predeterminadas (características) notadas por  $X_i$ .

Finalmente conviene mencionar que el emparejamiento por PS busca balancear la muestra, lo

que significa que las observaciones tratadas y las no tratadas de cada estimación tengan unidades que, en el promedio, tenga características similares. El modelo de respuesta binaria que usualmente se emplea para calcular el PS es el de máxima verosimilitud, pero esa técnica presenta inconvenientes de insesgo en los coeficientes (Rosenbaum y Rubin op. Cit, 1983). Como alternativa que enfrenta satisfactoriamente este problema, en este trabajo se emplea una función de algoritmos genéticos para calcular el PS, función que maximiza el balance de la muestra mediante la escogencia de los ponderadores adecuados (Diamond y Sekhon, 2012).

B. Datos y Resultados

Las estimaciones de PSM emplean las variables descritas en el Cuadro 5. Como variables de resultado (endógenas) se utilizan el rendimiento

Cuadro 5  
VARIABLES USADAS EN LAS ESTIMACIONES PSM

Variables resultado (Rendimiento y área sembrada)		Variables de tratamiento	Variables control
Arroz	Lulo	Distritos de riego (variables dicótomas) 1 si tiene distritos 0 si no tiene distritos	Índice de energía rural
Arveja	Maíz	Vías terciarias(cobertura por km²) 1 si está por encima de la mediana 0 de lo contrario	Vocación agrícola
Banano	Palma de aceite	Isocronas a Centros de Acopio (Área a menos de dos horas de desplazamiento) 1 si está por encima de la mediana 0 de lo contrario	Asistencia técnica
Café	Papa		Índice de ruralidad
Cebolla	Plátano		Población rural
Cítricos	Tomate		Capitalización Rural (ICR)
Frijol	Trigo		
Hortalizas	Yuca		

y el área sembrada de 16 cultivos, que fueron seleccionados tanto por ser beneficiarios de los principales bienes de infraestructura (distritos de riego, principalmente), como por ser producidos en el mayor número de municipios. Para el caso del rendimiento, estimado como la producción física en toneladas por hectárea, las estimaciones capturarán el posible impacto de los bienes de infraestructura sobre la productividad de los factores básicos que participan en las cosechas (tierra, trabajo, capital y la tecnología).

En relación a las variables de tratamiento (explicativas), se incluyen los principales bienes públicos para el agro, esto es los sistemas de irrigación, de carreteras terciarias y los centros minoristas y mayoristas de acopio, cuya disponibilidad se aproxima mediante los tiempos de desplazamiento hacia dichos centros (isocronas). La electrificación rural que corresponde a una variable de infraestructura del sector, se usa como un tratamiento de control, al igual que las otras características físicas y socioeconómicas que sirven para realizar el emparejamiento entre los municipios: población rural, vocación agrícola (característica que pondera la aptitud del suelo), el índice de ruralidad, la asistencia técnica y el grado de capitalización (medido a través del acceso al incentivo a la capitalización rural, ICR).

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de los todos modelos estimados por PSM, identificando entre ellos los casos exitosos, que corresponden a las estimaciones que arrojan un impacto positivo

y significativo de la infraestructura sobre el rendimiento y las áreas sembradas de los cultivos. En total (últimas dos columnas), se estimaron 443 modelos para los 16 cultivos y las tres variables de tratamiento y se obtuvieron 71 estimaciones exitosas. El número de modelos estimado es relativamente bajo porque se evaluaron el rendimiento y las áreas sólo algunos años por disponibilidad de los datos (2008, 2012 y 2013) y se usaron los controles de manera combinada. Nótese que la red terciaria de carreteras registra el mayor porcentaje relativo de éxitos (22 de 64) y los distritos de riego en menor número (34 modelos de 315).

Al interior del Cuadro 6 se cita el número de estimaciones exitosas frente al total, por cada variable de resultado y de tratamiento. Así por ejemplo, el arroz aparece como el cultivo más beneficiado de los distritos de riego, en términos de su rendimiento, pues se obtienen 15 modelos exitosos de los 21 estimados. Luego aparecen los cultivos de papa y trigo (8 de 21 en cada caso), aceite de palma y frijol. En principio sorprende que el rendimiento de muchos cultivos que tienen acceso a este bien de infraestructura no se benefician de él (arveja, banano, café, cebolla en rama, cítricos, maíz, plátano, tomate y yuca). No obstante, al examinar los resultados del Censo Nacional Agropecuario se encuentra que sólo el 0,1% de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) usan como fuente el agua la proveniente de los distritos de riego (CNA, 2014). En este sentido, nuestros resultados guardan coherencia con ese hallazgo.

**Cuadro 6**  
**RESUMEN DE LOS MODELOS ESTIMADOS POR PSM**  
**(Número de modelos exitosos y totales)\***

	Distritos de R		Isócronas Centr-Acopio		Vías Terciarias		Total	
	Éxitos	Total	Éxitos	Total	Éxitos	Total	Éxitos	Total
Arroz	15	21	4	4	2	4	21	29
Arveja	0	21	0	4	2	4	2	29
Banano	0	18	0	4	0	4	0	26
Café	0	18	4	4	0	4	4	26
Cebolla de rama	0	21	0	4	1	4	1	29
Cítricos	0	18	3	4	0	4	3	26
Frijol	1	21	0	4	0	4	1	29
Hortalizas varias	0	21	0	4	0	4	0	29
Lulo	0	18	0	4	1	4	1	26
Maíz	0	21	0	4	0	4	0	29
Palma de aceite	2	18	2	4	4	4	8	26
Papa	8	21	0	4	4	4	12	29
Plátano	0	18	2	4	0	4	2	26
Tomate	0	21	0	4	4	4	4	29
Trigo	8	21	0	4	0	4	8	29
Yuca	0	18	0	4	4	4	4	26
Total	34	315	15	64	22	64	71	443

\* Éxitos al  $p < 0,05$ .

Fuente: Cálculos de los autores.

Al valorar el impacto del acceso a los centros de acopio y distribución sobre las áreas sembradas, las estimaciones para el arroz y el café confirman el impacto esperado en todos los modelos (100% de casos exitosos). Le siguen los cítricos, la palma de aceite y el plátano con éxitos por encima del 50%. Finalmente, de acuerdo con nuestros ejercicios el sistema vial de carreteras terciarias parece tener los mayores impactos sobre las áreas sembradas (palma de aceite, papa, tomate, yuca, etc.), con todo y que este tipo de malla vial está constituido por

carreteras sin afirmar y que sólo son transitables en épocas de tiempo seco.

Ahora bien. Para mostrar en detalle e interpretar los resultados de algunos modelos estimados que fueron exitosos en el efecto esperado, en el del Cuadro 7 seleccionamos, a manera de ejemplo, cinco cultivos impactados positivamente por los distritos de riego (parte superior), los centros de acopio (parte intermedia) y las vías terciarias (parte inferior). En cada caso, en la primera línea de

cada cultivo (modelo) se muestra el parámetro que captura el impacto (Efecto Promedio Total, EPT) y su nivel de significancia estadística. Luego se describe el número de municipios seleccionados en la muestra, tanto los llamados tratados (con variable dicótoma 1) como los controles (variable dicótoma 0). Y, posteriormente, se incluyen las pruebas de balance para cada una de las variables que se usaron para filtrar los municipios de la muestra y que dan soporte sobre la "convergencia" antes y después del proceso de emparejamiento. Se espera que esos valores se reduzcan en ese proceso. En la última línea se adiciona el año para el cual se hizo cada estimación.

Los resultados son llamativos. En el caso de los distritos de riego, por ejemplo, la diferencia

en el rendimiento del arroz cosechado entre áreas municipales favorecidas y no favorecidas con este bien de infraestructura es, en promedio, de 4,1 toneladas al año (4,16). Este resultado es estadísticamente significativo al 0,01 y tiene cuenta la producción de 273 municipios (59 tratados y 214 controles) para el año 2008. De acuerdo con las estadísticas descriptivas de este modelo particular, el rendimiento promedio de los municipios tratados (beneficiarios) es de 11,6 toneladas por ha/año, mientras el correspondiente a los municipios controles (no beneficiarios) es de 6,6 toneladas (Anexo 2). Junto al arroz, el rendimiento del tomate registra los mayores impactos positivos de los distritos de riego y, en menor grado, se registran los impactos sobre la arveja (1,3 tn), el trigo (0,62 tn) y la palma de aceite (0,32 tn).

**Cuadro 7**  
**RESULTADOS DE ALGUNOS MODELOS ESTIMADOS POR PSM**

		Distritos de riego (Impactos sobre el rendimiento)									
		Arroz		Arveja		Palma de aceite		Tomate		Trigo	
EPT		4.1688***		1.2953***		0.3287***		15.1741**		0.6271**	
Prueba de balance	Muestra	TR 59	C 214	TR 85	C 189	TR 18	C 62	TR 114	C 251	TR 30	C 64
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
	Población	2,74	-31,22	26,88	4,64	11,88	-7,52	20,16	10,27	1,83	-5,74
	Energía	51,58	32,67	-28,88	0,78	53,31	27,60	-23,73	1,82	-19,94	4,75
	Ruralidad	-70,17	-5,58	36,16	6,07	-55,01	-16,40	28,02	4,67	31,12	1,90
	Vocación	74,70	19,68	-25,61	-2,58	30,46	-5,65	-17,14	-0,90	-49,22	0,65
	ICR	43,22	4,16	31,51	7,52	-2,23	-11,99	24,69	1,12	-6,47	-2,29
	AT	-22,96	-10,14	11,15	0,95	15,86	-3,54	0,39	-3,98	3,93	-2,23
Año estimación		2008		2012		2008		2011		2008	



**Cuadro 7**  
**RESULTADOS DE ALGUNOS MODELOS ESTIMADOS POR PSM**  
**(Continuación)**

		Acceso centro de acopio y comercialización (Impactos sobre el área sembrada)									
		Arroz		Frijol		Papa		Cítricos		Maíz	
		0,0175**		0,0286***		0,0060**		0,0212**		0,0062**	
EPT											
Muestra		TR 103	C 179	TR 305	C 305	TR 107	C 109	TR 55	C 69	TR 362	C 362
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Prueba de balance	Población	-49,85	-20,70	-19,34	-8,44	-19,52	-6,33	1,17	1,41	6,94	-19,89
	Energía	52,14	5,24	51,93	0,90	60,43	-1,43	25,76	3,78	40,45	21,61
	Ruralidad	45,92	-0,33	-51,76	-9,14	-35,72	-3,11	-11,91	-0,55	8,91	5,03
	Vocación	-67,96	-24,92	-55,63	-4,93	-74,09	-8,25	-63,30	-3,89	-75,81	-8,95
	ICR	-45,47	-17,83	13,28	0,78	-56,25	-24,90	-4,42	-4,44	-94,62	-12,86
	AT	97,09	32,17	19,16	-7,88	28,74	13,10	-1,42	-7,45	36,37	3,23
Año estimación		2012		2012		2013		2013		2013	
		Vías terciarias (Impactos sobre el área sembrada)									
		Arveja		Lulo		Cítricos		Frijol		Papa	
		0,0142**		0,0025***		0,0422***		0,0329***		0,0014**	
EPT											
Muestra		TR 135	C 135	TR 60	C 61	TR 62	C 62	TR 134	C 134	TR 210	C 210
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Prueba de balance	Población	2,22	-1,59	-24,07	-23,68	-3,28	-4,20	-29,09	-10,50	-28,16	-3,90
	Energía	38,94	-3,90	97,52	20,08	45,56	-1,84	86,58	0,96	53,59	6,53
	Ruralidad	-2,94	-2,19	-102,13	-20,07	-27,48	-7,29	2,30	1,61	-58,45	-4,33
	Vocación	-89,98	-4,20	-115,75	-15,08	-67,35	-3,77	-99,89	-42,06	-55,46	-5,37
	ICR	-20,16	-25,22	-49,14	-35,12	-11,74	-3,15	-39,08	-16,56	-10,61	-3,81
	AT	9,96	-2,04	57,29	22,41	8,81	-5,63	46,83	10,12	27,45	-2,02
Año estimación		2013		2012		2013		2012		2013	

Fuente: Cálculos de los autores.

Los impactos de las mayores facilidades de acceso a los centros de acopio sobre el área sembrada, no son menos importantes. Los parámetros más elevados se registran en los cultivos del frijol, cítricos y arroz. Los efectos sobre la papa y el maíz son de menor cuantía y todos registran un alto nivel de significancia estadística. Cabe resaltar que el mayor número de municipios sobre los que se tomó la información para estos últimos modelos (más de 600 municipios para el frijol y de 700 para el maíz). Finalmente, los beneficios resultantes de una mejor malla vial de carreteras terciarias sobre el área sembrada de los cítricos y frijol son de una mayor magnitud. Las áreas sembradas de la papa, la arveja y algunos frutales como el lulo, también se han beneficiado de este bien de infraestructura.

En síntesis, los resultados que se registran en el Cuadro 7, así como los obtenidos para el resto de las estimaciones que fueron exitosas y que están disponibles para su consulta, confirman la conjetura trazada al comienzo del trabajo y, a su vez, motivan las recomendaciones de política. Para impulsar el desarrollo agrario en Colombia se requiere reorientar el presupuesto del sector hacia la provisión de bienes de infraestructura. Sus impactos positivos tanto sobre el rendimiento como sobre las áreas sembradas de los cultivos analizados son evidentes y, con ello, los mayores beneficios de las familias campesinas. De acuerdo con el Censo 2014, dos millones cien mil trabajadores de las UPAs son miembros de los hogares productores, por lo que una política que eleve su

ingreso mediante su mayor productividad, no sólo es eficiente sino que ayudaría a cerrar las brechas entre la ciudad y el campo. Aunque los ejercicios desarrollados en esta sección son susceptibles de refinar, en la medida que se cuente con más información, sus resultados constituyen un primer paso para sustentar un cambio en la política agraria.

## V. Reflexiones finales

En los últimos tiempos ha aumentado el consenso en torno a la tesis de que el suministro de bienes públicos por parte del Estado -y por oposición a la entrega directa de subsidios- es una condición indispensable para mejorar la productividad de la agricultura en Colombia. Esas ideas han sido presentadas en los informes oficiales tanto de organismos internacionales como de misiones técnicas, y en discursos pronunciados por los especialistas en foros de diversa naturaleza. Si bien parece sensata la orientación de política que se desprende de esta premisa, se requiere con urgencia darle sustento empírico. Ese es precisamente el principal objetivo de este documento. El trabajo inicialmente reconoce la importancia de los bienes públicos para el agro y describe la distribución de los recursos públicos dentro del sector. Luego estima las coberturas de los principales bienes públicos de infraestructura y se contrasta sus logros entre las regiones, teniendo en cuenta la vocación y el uso del suelo. Los bienes de infraestructura considerados fueron los distritos de riego y drenaje, el sistema vial de carreteras terciarias, los tiempos

de acceso a los centros minoristas y mayoristas de acopio y comercialización y la electrificación rural. Las coberturas que registra el país en estas áreas presentan un retraso importante, no sólo con respecto a países de otras latitudes sino también con respecto a sus pares de la región.

Para valorar los impactos de los bienes públicos sobre el desempeño de la agricultura, se estimaron modelos de emparejamiento de corte transversal para los principales cultivos que son cosechados en la mayor parte de los municipios del país (incluyendo, entre otros, el café, cereales, tubérculos, legumbres, cítricos y hortalizas). La estrategia de estimación implicó controlar por otros factores relevantes que podrían influir en el rendimiento y en las áreas sembradas de los cultivos y cuya información estaba disponible a nivel municipal. Al analizar algunos casos concretos, como por ejemplo el impacto de los distritos de riego y drenaje sobre el desempeño del arroz, el tomate, el trigo y la palma de aceite, se obtienen resultados bastante robustos que respaldan la premisa de que la mejoría de la productividad del sector rural pasa por el meridiano de la provisión de bienes públicos de este tipo. El trabajo también ofrece resultados interesantes sobre los efectos positivos derivados de una mejor malla de carreteras terciarias y el mejor acceso a los centros de acopio y comercialización. Es preciso reconocer que, en nuestro entender, este tipo de ejercicios no se habían realizado antes y son indispensables en la aplicación práctica de las políticas públicas.

Algunas estadísticas internacionales son de utilidad. El 40% de los alimentos que se producen a nivel mundial provienen de tierras que cuentan con sistemas de regadío y sólo utilizan el 17% del suelo cultivable. Colombia no es una excepción a esta situación. A fin de regular el uso del agua y extender sus beneficios, se impone en primer lugar, rehabilitar muchos de los distritos de riego pequeños que ya están contruidos pero que por diversas razones no están en funcionamiento; pero, además, se debe tener mucho cuidado respecto a la ubicación espacial de los nuevos emprendimiento de riego y drenaje, de manera que sean acordes con la vocación agrícola de la región donde se construyan. Adicionalmente, se deben promover esquemas institucionales apropiados para su manejo, de manera que se garantice su buen funcionamiento a través del tiempo.

Algo similar puede concluirse de la evidencia estadística que ofrece el trabajo en cuanto a la red de carreteras terciarias y el acceso a los centros de abasto, claves para la ampliación de la frontera agrícola y el mejoramiento de la productividad agropecuaria del país: el 82% de las áreas rurales donde se cosechan los cultivos están en promedio a más de tres horas de desplazamiento de un centro de abasto, al paso que sólo el 2,9% está a menos de una hora de un centro de acopio. Naturalmente, entre los diversos departamentos se presentan diferencias considerables como se ilustra en las tablas pertinentes del trabajo.

## Bibliografía

- Calderón, C., & Servén, L. (2010). Infrastructure in Latin America. *World Bank Policy Research Working Paper Series*, Vol.
- Censo Nacional Agropecuario (2014). Avance de Resultados, Agosto de 2015.
- Diamond, A., & Sekhon, J. S. (2013). Genetic matching for estimating causal effects: A general multivariate matching method for achieving balance in observational studies. *Review of Economics and Statistics*, 95(3), 932-945.
- Dregne, H. E., & Chou, N. T. (1992). Global desertification dimensions and costs. *Degradation and restoration of arid lands*, 73-92.
- Evenson, R. E., Pray, C., & Rosegrant, M. W. (1998). *Agricultural research and productivity growth in India* (Vol. 109). Intl Food Policy Res Inst.
- Fan, S., Zhang, X., & Rao, N. (2004). *Public expenditure, growth, and poverty reduction in rural Uganda* (No. 4). International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- FAO (1996). Agriculture and Food Security. World Food Summit. Food and agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1999). Poverty Reduction and Irrigated Agriculture. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Gleick, P. H. (2000). A look at twenty-first century water resources development. *Water International*, 25(1), 127-138.
- Heckman, J. J., Ichimura, H., & Todd, P. (1998). Matching as an econometric evaluation estimator. *The Review of Economic Studies*, 65(2), 261-294.
- Hernández, A., & Becerra, A. (2014). Capital Básico para la Agricultura en Colombia, Misión Rural, Cap. 3.
- INCODER (2012). La Adecuación de Tierras en Colombia: Antecedentes, Estado Actual y Prospectiva. Mimeo.
- Mendes, S. M., Teixeira, E. C., & Salvato, M. A. (2009). Investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004. *Revista Brasileira de Economia*, 63(2), 91-102.
- OECD (2015). Colombia. Policy Priorities for Inclusive Development. Better Policies Series, Enero
- Peikes, D. N., Moreno, L., & Orzol, S. M. (2008). Propensity score matching. *The American Statistician*, 62(3).
- Pinstrup-Andersen, P., & Shimokawa, S. (2006). Rural infrastructure and agricultural development. *World Bank*.
- Restrepo, J. C., (2014). La Cuestión Agraria, tierra y posconflicto en Colombia. Cap 4. Editorial Pinguin Random Mondadori.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
- Rubin, D. B. (1973). The use of matched sampling and regression adjustment to remove bias in observational studies. *Biometrics*, 185-203.

Schoengold, K., & Zilberman, D. (2007). The economics of water, irrigation, and development. *Handbook of agricultural economics*, 3, 2933-2977.

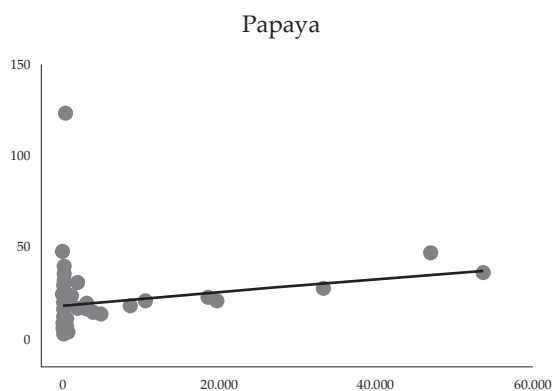
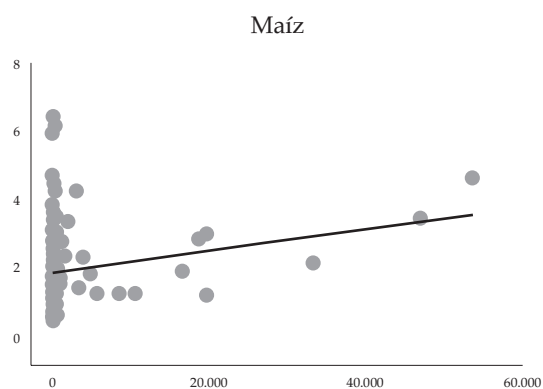
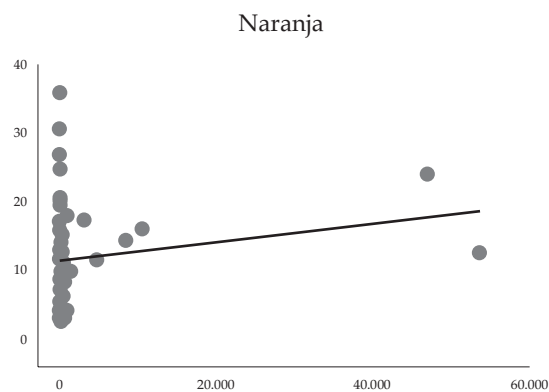
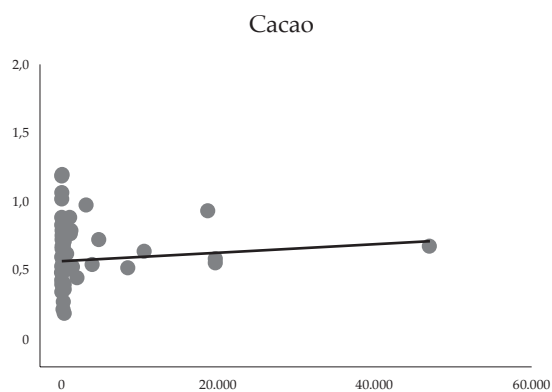
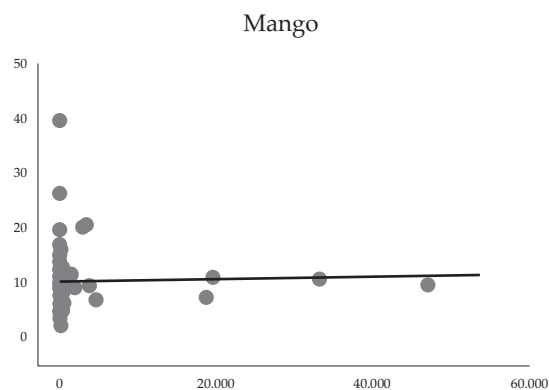
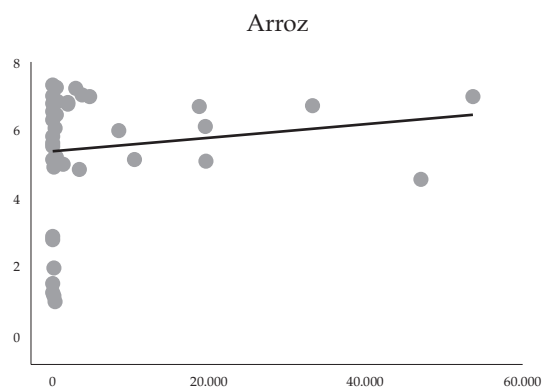
Shenggen, F. A. N., & Zhang, X. (2004). Infrastructure and regional economic development in rural China. *China economic review*, 15(2), 203-214.

Thirtle, C., Lin, L., & Piesse, J. (2003). The impact of research-led agricultural productivity growth on poverty reduction in Africa, Asia and Latin America. *World Development*, 31(12), 1959-1975.

## Anexo 1

CORRELACIONES ENTRE LAS COBERTURAS DE LOS BIENES DE INFRAESTRUCTURA Y  
EL RENDIMIENTO DE ALGUNOS CULTIVOS

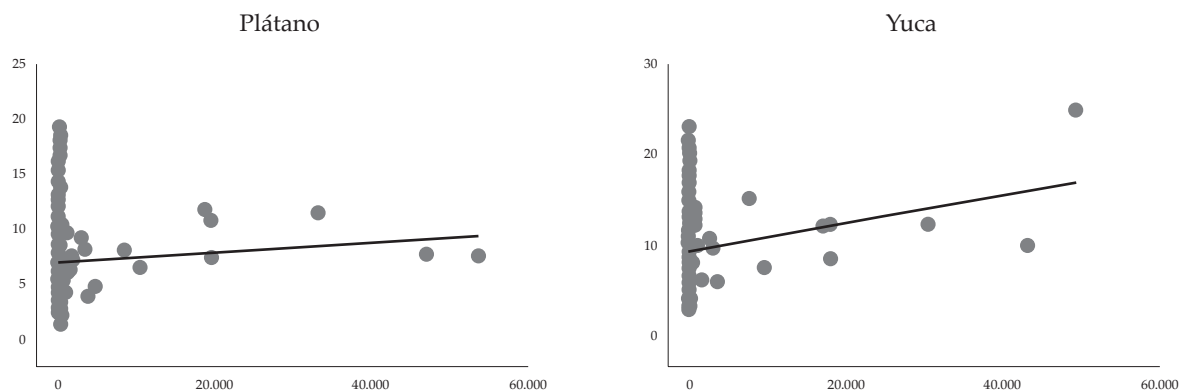
Área regada por distritos de riego y rendimiento agrícola



## Anexo 1

### CORRELACIONES ENTRE LAS COBERTURAS DE LOS BIENES DE INFRAESTRUCTURA Y EL RENDIMIENTO DE ALGUNOS CULTIVOS

Área regada por distritos de riego y rendimiento agrícola



Fuente: Cálculos de los autores.

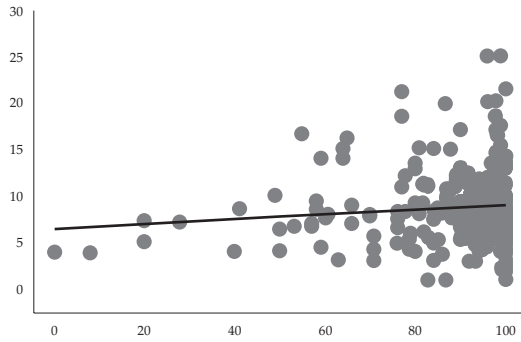


## Anexo 1

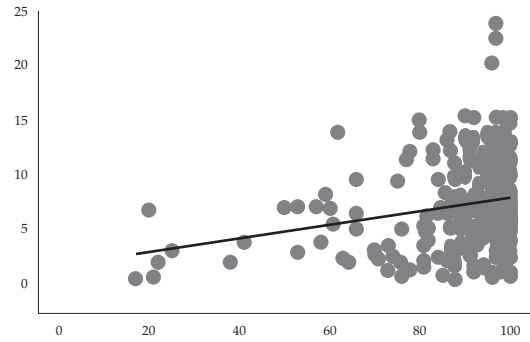
### CORRELACIONES ENTRE LAS COBERTURAS DE LOS BIENES DE INFRAESTRUCTURA Y EL RENDIMIENTO DE ALGUNOS CULTIVOS

Índice de energía rural y rendimiento agrícola

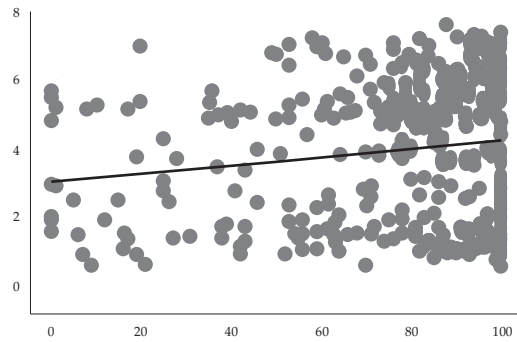
Arracacha



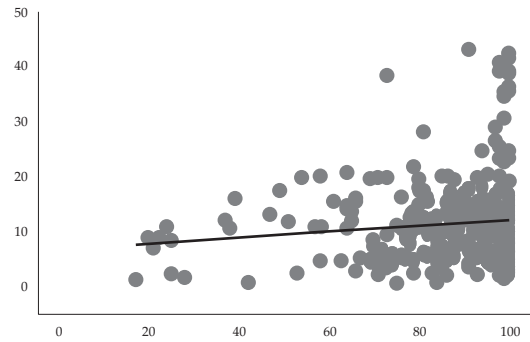
Habichuela



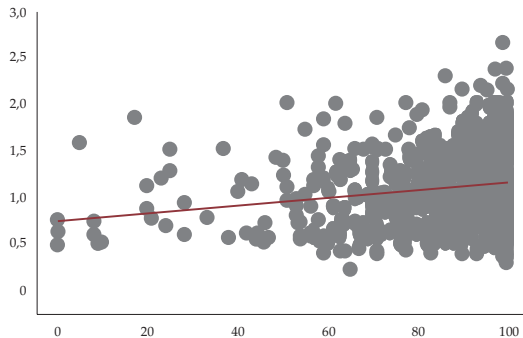
Arroz



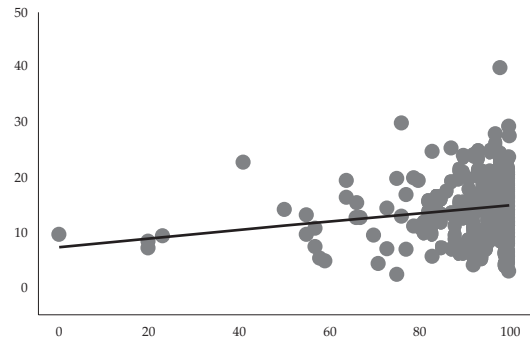
Naranja



Fríjol



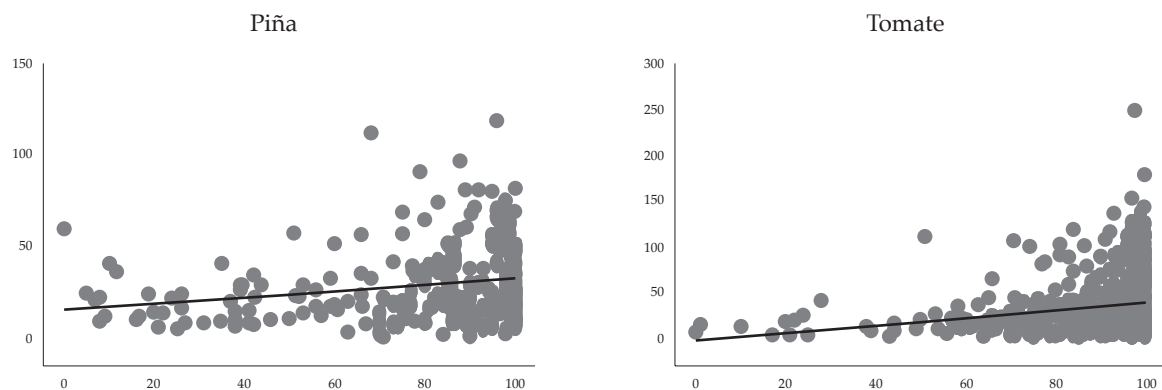
Papa



## Anexo 1

### CORRELACIONES ENTRE LAS COBERTURAS DE LOS BIENES DE INFRAESTRUCTURA Y EL RENDIMIENTO DE ALGUNOS CULTIVOS

Índice de energía rural y rendimiento agrícola

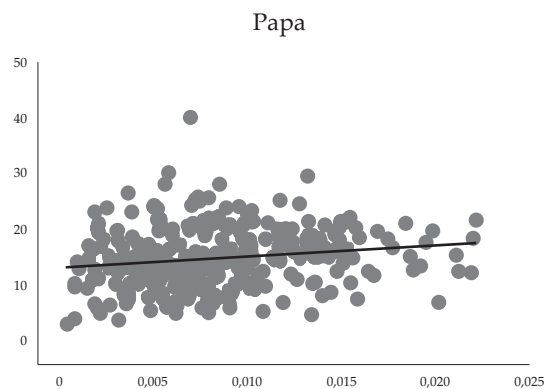
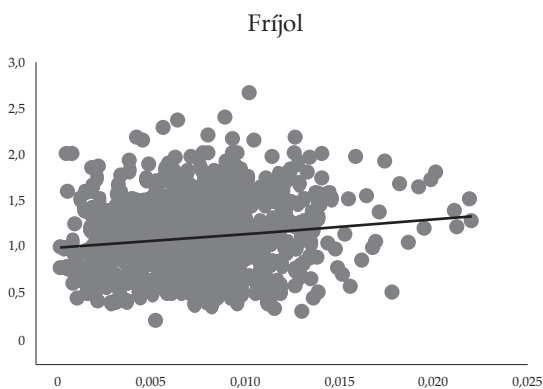
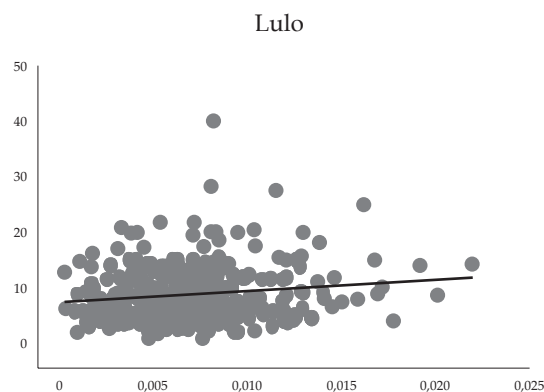
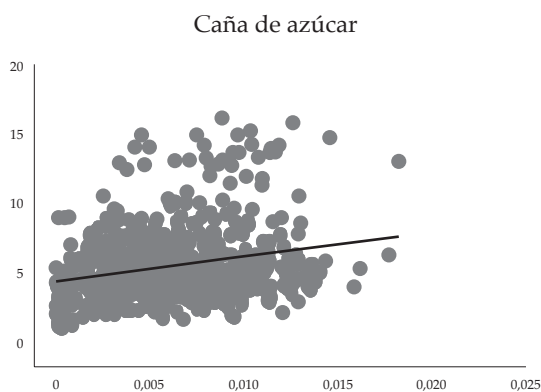
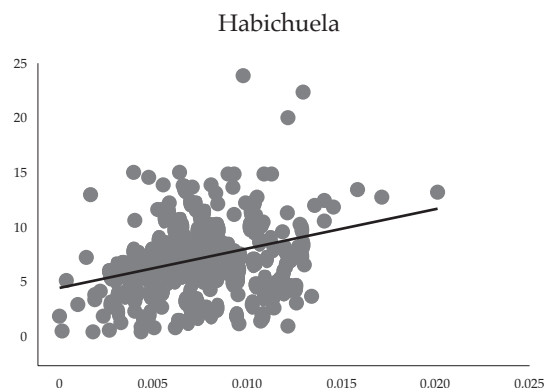
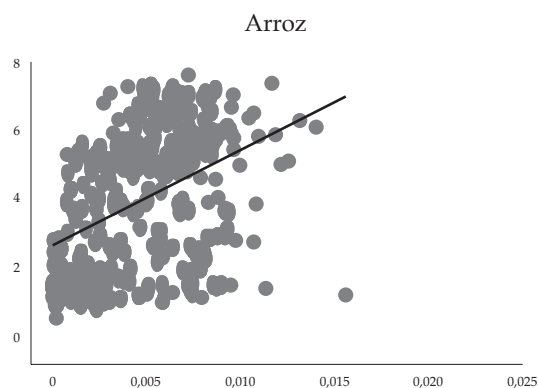


Fuente: Cálculos de los autores.

## Anexo 1

CORRELACIONES ENTRE LAS COBERTURAS DE LOS BIENES DE INFRAESTRUCTURA Y  
EL RENDIMIENTO DE ALGUNOS CULTIVOS

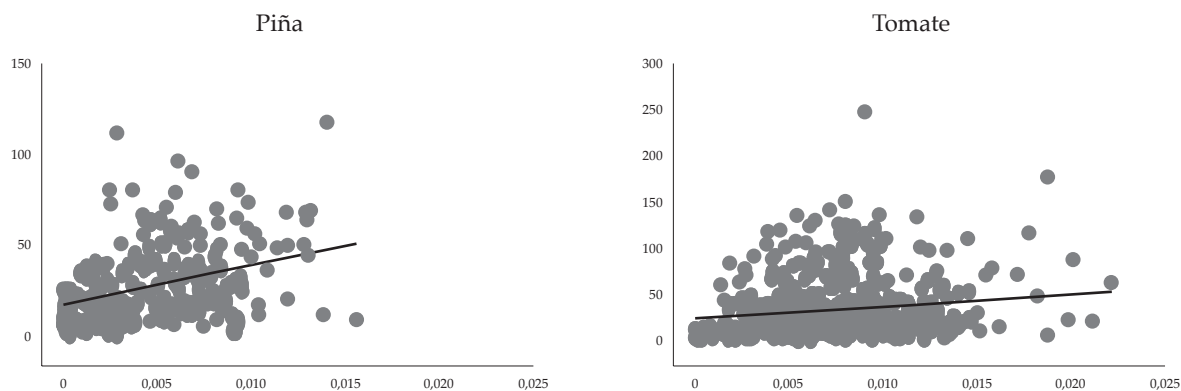
Densidad de vías terciarias y rendimiento agrícola



## Anexo 1

### CORRELACIONES ENTRE LAS COBERTURAS DE LOS BIENES DE INFRAESTRUCTURA Y EL RENDIMIENTO DE ALGUNOS CULTIVOS

Densidad de vías terciarias y rendimiento agrícola



Fuente: Cálculos de los autores.

Anexo 2  
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA ALGUNOS MODELOS DE LA TABLA 7  
(Promedio por municipio por año)

Arroz - 2008 - Distritos de riego				Tomate - 2011 - Distritos de riego			
Tratados	Controles	Promedio total		Tratados	Controles	Promedio total	
Rendimiento (T/Ha)	11,58	6,65	7,71	Rendimiento (T/Ha)	56,40	54,62	55,15
No, distritos de riego	1,95	0,00	0,42	No, distritos de riego	2,13	0,00	0,63
Índice de energía rural	81,90	72,50	74,53	Índice de energía rural	87,63	90,05	89,34
ICR (\$)	546.208.432	257.121.646	319.598.278	ICR (\$)	498.504.064	364.381.289	404.016.516
Índice de ruralidad	47,10	52,34	51,21	Índice de ruralidad	43,39	42,17	42,53
AT (\$)	40.474.775	62.784.022	57.962.610	AT (\$)	80.880.209	68.448.346	72.122.142
Vocación agrícola (%)	0,69	0,51	0,55	Vocación agrícola (%)	0,60	0,61	0,61
Población rural - 2007	13721	13285	13380	Población rural - 2007	12162	10049	10674
< 2 horas a centro de acopio	0,41	0,15	0,21	Vías terciarias por Ha	0,01	0,01	0,01
Frijol - 2012 - Centros de acopio				Cítricos - 2013 - Vías terciarias			
Tratados	Controles	Promedio total		Tratados	Controles	Promedio total	
Área sembrada (%)	0,0072	0,0065	0,0068	Área sembrada (%)	0,0135	0,0045	0,0090
<2 horas a centro de acopio	0,82	0,02	0,41	Vías terciarias por Ha	0,0075	0,0036	0,0055
Índice de energía rural	91,38	83,37	87,37	Índice de energía rural	89,77	83,76	86,75
ICR (\$)	281.663.731	403.694.741	342.776.549	ICR (\$)	412.803.278	429.868.822	421.376.490
Índice de ruralidad	41,29	48,02	44,66	Índice de ruralidad	40,89	48,93	44,93
AT (\$)	59.241.485	115.437.794	87.384.453	AT (\$)	58.258.263	80.465.322	69.414.416
Vocación agrícola (%)	0,66	0,57	0,61	Vocación agrícola (%)	0,63	0,59	0,61
Población rural - 2007	9.353	11.131	10.243	Población rural - 2007	10.690	10.473	10.581
No, distritos de riego	0,61	0,59	0,60	No, distritos de riego	0,46	0,37	0,41
Fuente: Cálculos de los autores.							

