

## 9. EL PAPEL DE LA INFRAESTRUCTURA RURAL EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA EN COLOMBIA

---

**Ignacio Lozano  
Juan Camilo Restrepo\***

La agricultura ha sido históricamente una actividad prioritaria en la economía colombiana. Aunque su contribución al producto nacional ha disminuido en la medida en que el país viene logrando 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 a largo plazo. Desde el punto de vista del posconflicto, las políticas públicas relacionadas con el agro serán primordiales 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, esta se encuentra estrechamente relacionada con factores como la infraestructura, el acceso a la tierra, el buen funcionamiento de los mercados, la calidad de las instituciones, el acceso apropiado a la tecnología y al crédito. La experiencia internacional ofrece amplia evidencia sobre el papel que desempeña cada uno de ellos; sin embargo entre los factores que impulsan la productividad y el rendimiento de los cultivos, la infraestructura ejerce una función central<sup>1</sup>.

En efecto, las deficiencias en la infraestructura para el agro, que en principio se deben subsanar con apoyo del Estado pues se trata de bienes públicos de uso colectivo, no solo menoscaban la productividad y el rendimiento de los cultivos sino que, además,

<sup>o</sup> Los autores son, en su orden: investigador principal del Banco de la República y consultor independiente. 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, a Felipe Fonseca, director de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA); a Dairo Estrada, ex asesor del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro), y a Adelaida Cano, por la información suministrada.

Las opiniones expresadas en este capítulo son responsabilidad de los autores y no comprometen a la institución a la cual están vinculados, ni al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

<sup>1</sup> Ver, por ejemplo: Fan, Zhang y Rao (2004) y Pinstrup-Andersen y Shimokawa (2006).

entorpecen el funcionamiento de los mercados y limitan su integración espacial y temporal. Estas deficiencias también desincentivan la inversión en nuevos proyectos agrícolas y reducen, 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, lo cual dificulta el suministro adecuado de alimentos.

Los bienes públicos que requiere la agricultura son de diversa índole; los principales tienen que ver con la adecuación de tierras mediante sistemas de irrigación y drenaje, las vías y 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 enfrentan las distintas regiones del país en la mayoría de estos servicios; los primeros resultados del Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2014) ofrecen evidencia sobre esta materia. A la anterior lista se deben adicionar los servicios de asistencia técnica y acceso preferencial tanto al crédito como 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: la primera, conformada por los distritos de riego y drenaje; 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 su importancia en el desempeño agrícola es diferente, 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 solo 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 en el campo. No obstante, es preciso subrayar que en los años recientes 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 para 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 caicultura. Además, con los subsidios directos el gobierno genera señales equívocas (incentivos perversos) al resto de agricultores, quienes al invocar los derechos de igualdad y universalidad querrán que el Estado también les transfiera recursos a fin de 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, en especial agua potable— y 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 brindarle mayor capacitación y oportunidades para desarrollar mejor sus labores agrícolas, todo ello bajo el concepto de la “nueva ruralidad”<sup>2</sup>. Aunque

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

los programas descritos podrían no tener una relación directa con el rendimiento de los cultivos agrícolas, contribuirán a formar el “capital básico” para el campo (Hernández y Becerra, 2014) y a cerrar las brechas entre la población rural y la urbana.

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 ‘jaloadores’ de la productividad.

El capítulo tiene cuatro secciones, aparte de esta introducción. En la sección 1 se hacen unas breves reflexiones sobre la importancia de los bienes públicos en las actividades del campo y se describen las asignaciones presupuestales de la nación al sector agropecuario. En la sección 2 se calculan las coberturas de los principales bienes públicos para el agro y se analizan interregionalmente teniendo en cuenta la vocación y el uso del suelo. En la sección 3 se estiman modelos de emparejamiento PSM (*Propensity Score Matching*) al valorar los efectos de los principales bienes de infraestructura sobre el rendimiento de los principales cultivos y sobre las áreas sembradas. Los parámetros obtenidos con esta técnica determinan la incidencia de cada uno de los bienes públicos en 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 4.

Desde el punto de vista de los datos, se acude a información del 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 georreferenciada para el sector agropecuario del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro). La información, también georreferenciada, 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 tienen 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.

## **1. LOS BIENES PÚBLICOS PARA EL AGRO Y SU FINANCIAMIENTO**

### **1.1 Importancia de los bienes públicos**

Los fallos del mercado se presentan en muchos procesos de producción y ocurren tanto por la naturaleza de los bienes y servicios 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 solo los menores costos de transacción por la entrada de insumos o la salida del producto de la finca del agricultor, sino también 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 la 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 los que 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 lo deseado, 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 llevan a que las actividades de I+D en el mejoramiento y variedad de semillas, uso de fertilizantes, innovación en equipos y maquinaria, y el desarrollo de procesos productivos más eficientes y compatibles con el desarrollo sostenible, tengan 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>

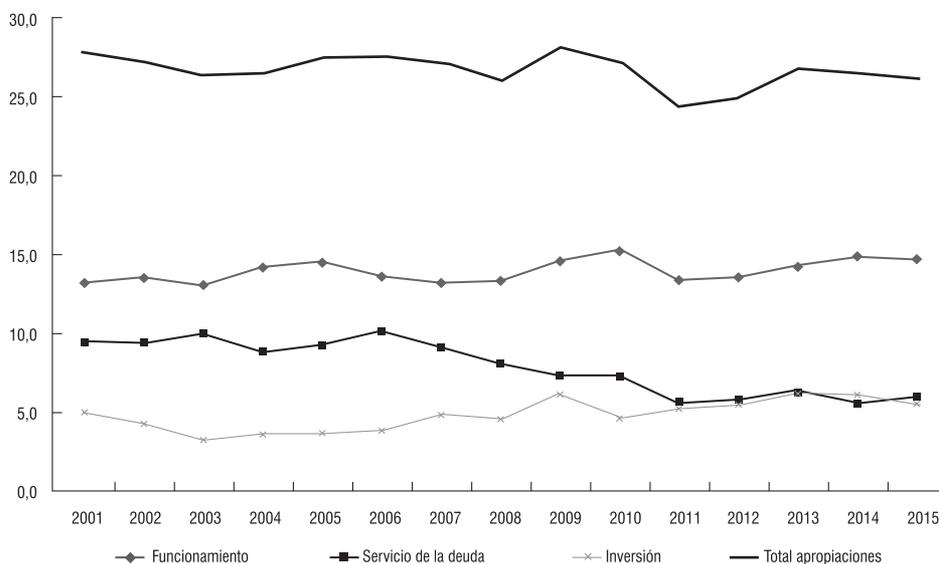
<sup>3</sup> Thirtle, Lin y Piesse (2003) ofrecen evidencia de 44 países en desarrollo (de África, Asia y América Latina) sobre el papel de la infraestructura en la aplicación exitosa de las actividades de I+D.

## 1.2 Distribución de los recursos públicos de inversión

Las ayudas del gobierno para la provisión de los bienes públicos al 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 Apropriaciones) 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 (52,5%) se han destinado, en promedio, al funcionamiento del Estado, 30% al servicio de la deuda y menos de una quinta parte (18%) a la inversión. El cambio más notorio tiene que ver con el 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 solo representaba la mitad (3,3%).

**Gráfico 1**  
**Presupuesto de apropiaciones de la nación: 2001-2015**  
**(porcentajes del PIB)**

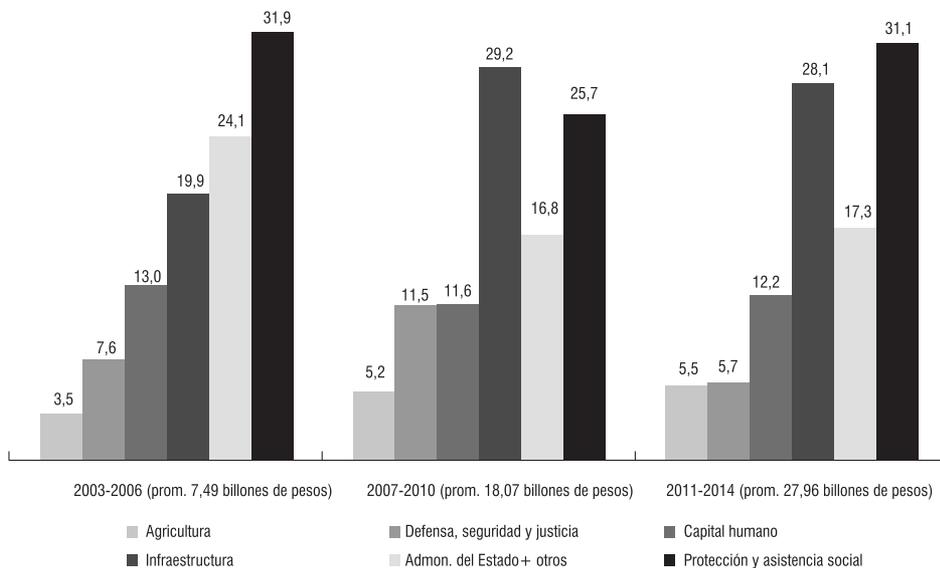


Fuente: cálculos de los autores con información del MHCP.

Debido al extenso número de proyectos que se financian con estos recursos, la distribución sectorial del presupuesto de inversión no es sencilla. 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: 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 (en el que se incorporan principalmente el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar —ICBF—, el régimen subsidiado de salud y los programas de inclusión y prosperidad social), la administración del Estado y otros (que incluyen el medio ambiente, comercio, vivienda, ciencia y tecnología, entre otros).

**Gráfico 2**  
**Distribución del presupuesto de inversión: 2003-2014**  
**(porcentaje)**



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 DNP.

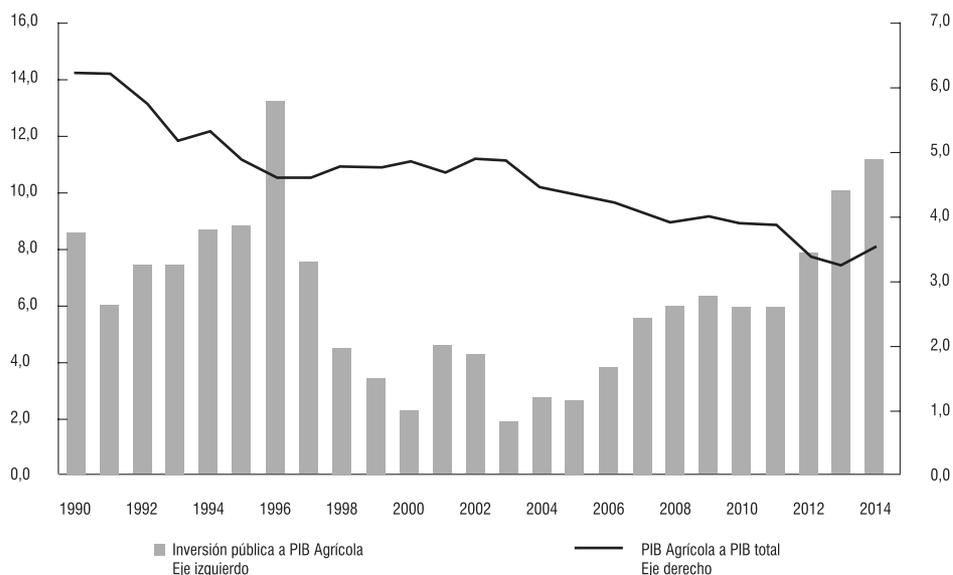
El Gráfico 2 muestra los resultados. El presupuesto de inversión ascendió a \$7,5 billones por año, en promedio, durante el cuatrienio 2003-2006 y se incrementó a \$18,1 billones y \$28,7 billones en los últimos dos cuatrienios. Cerca de una tercera parte se ha destinado a los programas de protección y asistencia social, entre los que sobresale el presupuesto para el ICBF, el régimen subsidiado de salud, Familias en Acción y Jóvenes en Acción. Dos hechos adicionales llaman la atención:

El primero es el incremento sustancial de los recursos públicos 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 en el sector de defensa, seguridad y justicia; mientras que en la segunda fase de la política 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 Fuerza Pública se asignan a través del presupuesto de funcionamiento, como también ocurre con la financiación del sector educativo, donde los recursos destinados a la construcción y ampliación de aulas y equipos se agrupan en el sector capital humano (participan 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) solo representó 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, esta representó 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 de 2010, al caer hasta el 2% del PIB del sector en el año 2003.

**Gráfico 3**  
**Inversión pública y PIB agropecuario**  
**(porcentaje)**



Fuente: cálculos de los autores con información del DNP y el DANE.

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 6% del PIB agropecuario entre 2007-2011). Nótese que en los últimos tres años la inversión en el agro se 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.

Aunque los pronósticos de inversión a corto y mediano plazo 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 la 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 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 efectos inciertos sobre el desempeño del sector.

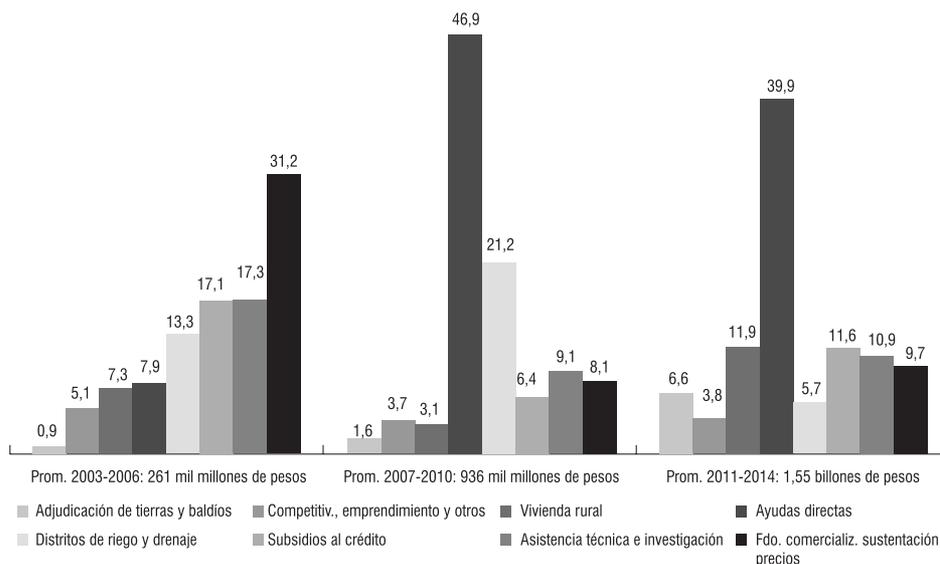
### **1.3 Principales programas del sector agropecuario**

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.

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 siguientes dos cuatrienios, respectivamente. Los programas que han demandado más recursos a su vez han cambiado de prioridad en los últimos planes de desarrollo y, con ello, 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 cambió 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, al punto de absorber casi la mitad de los recursos. También se apoyaron 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 los productores nacionales y prepararlos frente a la competencia que generaría el acuerdo de libre comercio (TLC) con los Estados Unidos. Debido a los problemas que fueron de conocimiento público, el AIS se transformó, en la siguiente administración, en el programa Desarrollo Rural con Equidad (DRE).

**Gráfico 4**  
**Distribución de la inversión en el sector agropecuario: 2003-2014**  
**(porcentaje)**



Fuente: cálculos de los autores con información del DNP.

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 varios programas de infraestructura se les asignaron recursos, pero marginalmente. Los recursos más cuantiosos del presupuesto de 2013 se destinaron a otorgar 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, promover su desarrollo integral, adecuar las tierras y manejar la pesca quedaron bajo esta nueva entidad.

## 2. COBERTURAS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL AGRO

### 2.1 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 implementen 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 otra parte, la seguridad alimentaria se beneficia de los sistemas de irrigación por sus efectos positivos tanto en los volúmenes como en la calidad de los productos (FAO, 1996).

La evidencia internacional sobre algunos de estos atributos es concluyente: 40% de los alimentos que se producen a nivel mundial provienen de tierras que cuentan con regadío y solo utilizan 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 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (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 de cultivos sin regadío y US\$17,5/ha/año para las tierras usadas en pastoreo. Con datos de producción en el período 1956-1987, Evenson, Pray y Rosegrant (1999) encontraron que en la India el riego incide positivamente en la PTF agrícola, 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, Shenggen y Zhang (2004) confirmaron el efecto positivo de los sistemas de irrigación sobre la FPT en la India, y Mendes, Texeira y Salvato (2009) dan evidencia en la misma dirección para Brasil.

Los beneficios registrados en los sistemas de irrigación llevaron a su ampliación en el transcurso 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 de Norte y Centroamérica (30 mha), Europa (26 mha), África (12 mha) y Suramérica (10 mha). Entre los países con sistemas de irrigación que más benefician sus áreas cultivables se encuentran China (50 mha), India (53 mha) y Estados Unidos (21 mha); en 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, Firavitoba y Samacá en los treinta; Coello-Saldaña a finales de los cuarenta; pero solo fue a partir de los años sesenta cuando se expandieron estas obras de infraestructura (Incoder, 2012). Con corte en 2007, el país contaba con 512 distritos: 14 de escala grande, 9 mediana y 489 pequeña. De estos últimos, estaban en funcionamiento solo 65% de ellos. La cobertura de las tierras que accede a sistemas de irrigación es muy baja, en especial cuando se compara con la 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. En él 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 ha; de acuerdo 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 a 3,08 millones de ha), 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 ha), la cobertura de los distritos de riego en Colombia se reduce a 5,6%.

Las coberturas descritas para el país son realmente reducidas, no solo con respecto a los países asiáticos, 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 alto uso agrícola: México 66,1% en 2009; Chile 44,3% en 2003; Perú 40% en 2012; Brasil 18,4% en 2010; Argentina 14,7% en 2011.<sup>4</sup>

Las diferencias entre las regiones del país con relación al 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 2 de cobertura), Tolima (39%), Boyacá (25%) y Córdoba (25%) registran las mayores tasas de cobertura; según información de la UPRA, los suelos de estos tres departamentos registran alta vocación agrícola (las tierras de Córdoba son las que menos se usan para ese propósito, 29%). En cobertura de riego se sitúan luego 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 del 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 alto porcentaje de vocación (por encima del 60%), prácticamente no tienen acceso a los sistemas 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 por medio 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 50% de los municipios tienen menos de 130 ha regadas por los distritos y el 90% menos de 1.000 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

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

el de La Guajira, donde ninguno de los 13 distritos funciona actualmente; en Bolívar, de 16 distritos solo funciona 1; en Sucre, de 45 distritos apenas 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.

**Cuadro 1**  
**Distritos de riego, vocación y uso de las tierras en la agricultura**

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

Nota: la información sobre distritos es para 2007; la de vocación y uso del suelo, para 2014.

n. d.: no disponible.

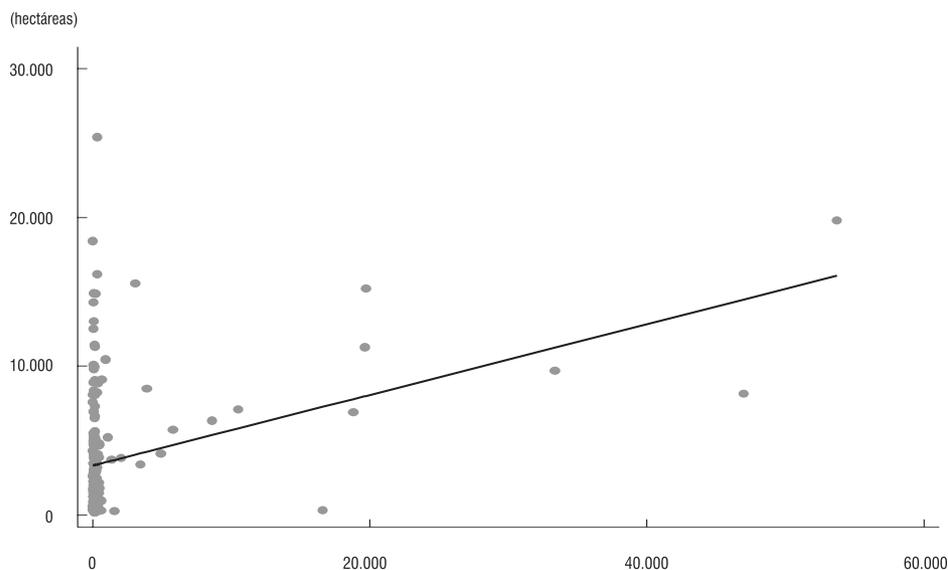
(1) Cobertura calculada sobre área potencial para riego con moderadas limitaciones biofísicas.

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

a/ 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 cobertura por la UPRA.

Fuentes: Sigot, UPRA y cálculos de los autores.

**Gráfico 5**  
**Área sembrada (eje vertical) vs. Cobertura de distritos de riego (eje horizontal)**  
**Muestra: 218 municipios**



Fuente: cálculos de los autores con base en información de la UPRA.

Como lineamientos generales, la política de adecuación de tierras le debería dar mayor prioridad al análisis costo-beneficio en los nuevos proyectos de irrigación y vigilar que sus diseños sean adecuados y su ubicación pertinente; además, promover esquemas institucionales apropiados (alianzas público-privadas) para su manejo, de manera que se garantice el buen funcionamiento a través del tiempo; finalmente, establecer mecanismos dirigidos a fijar el 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>

## 2.2 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 de carreteras con amplia cobertura y buena calidad, esto es, afirmadas y que permanezcan en buen estado tanto en las temporadas secas

<sup>5</sup> La adecuación de tierras con sistemas de irrigación ha tomado mayor importancia en los últimos tiempos ante los fenómenos cada vez más recurrentes de El Niño y La Niña (prolongadas sequías e intensos inviernos), que han terminado por afectar no solo el rendimiento de los cultivos, sino el presupuesto público, al tener que afrontar el gobierno las pérdidas por los desastres naturales.

como en las de lluvias, incentiva la siembra de cultivos al facilitar el ingreso de insumos y de asistencia técnica a las fincas productoras, y permite la salida de los bienes hacia los centros de abasto y de comercialización con los mercados locales y externos. Un sistema eficiente de vías se traduce asimismo en menores costos de transacción para la producción agrícola, debido a menos tiempo de desplazamiento y mayores opciones de transporte de carga y movilización de maquinaria, equipos y mano de obra.

Colombia presenta rezagos muy importantes en la infraestructura de carreteras, sobre todo respecto 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 movilizadora en el país (15% y 4% respectivamente, según Calderón y 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 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OECD, 2015). Las fuertes restricciones que tienen los productores para transportar sus insumos y cosechas se presentan por deficiencias tanto en la red vial que conecta las veredas con las cabeceras municipales (red terciaria) como en las que conducen a los centros de abastos y hacia los puertos (redes 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 km<sup>2</sup>. La información proviene del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para el 2012, y es categorizada por la UPRA en seis tipos de carreteras. El tipo 1 corresponde a las carreteras pavimentada de dos 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 dos o más carriles y la tipo 3 es pavimentada, angosta y transitable todo el año; asimilamos estas dos categorías a la red secundaria en la medida en que conectan las cabeceras municipales. Finalmente están las carreteras tipo 4, 5 y 6, que respectivamente corresponden a: sin pavimentar, angosta y transitable todo el año; sin pavimentar y transitable en tiempo seco; sin afirmado y transitable en tiempo seco; categorías que 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 km de carreteras, lo cual arroja una cobertura de 41,2 km por cada 100 km<sup>2</sup>. Sin embargo, para hacer comparables las cifras con las divulgadas por el Ministerio del Transporte y los estándares internacionales es necesario sustraer las carreteras de categoría 6 en razón a que son vías angostas sin afirmar (trochas) y solo transitables en tiempo seco. Así las cosas, la red vial se reduce a 147 mil km, lo cual implica una tasa de cobertura de 22,9 km por cada 100 km<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, solo 12,7% de las carreteras son pavimentadas (suma de las vías tipo 1 y 3), lo que es realmente bajo comparado con el porcentaje de vías pavimentadas en México (36%), Chile (23%) y Argentina (23%). La cobertura de carreteras pavimentadas en Colombia es comparable con la de Perú (13%) y Brasil (13%)<sup>6</sup>.

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

<sup>6</sup> Cálculos de los autores con información proveniente de *The World Factbook*.

dependen de los excedentes que usualmente comercializan en las cabeceras municipales. Por su parte, las deficiencias en la red primaria y secundaria perjudican además la competitividad de la agricultura comercial. De acuerdo con el Banco Mundial, el costo del transporte terrestre de los productos comerciales a los puertos colombianos fue, en promedio, de US\$1.500 por contenedor en el 2013, incluido el envío, cifra que representa el doble del promedio registrado para los países de América del Sur y tres veces el de los países de la OECD (OECD, 2015).

El Cuadro 2 también evidencia las altas discrepancias regionales en materia de cobertura y calidad de la red de carreteras, especialmente entre las regiones cuyos suelos tienen vocación agrícola dominante, es decir, por encima del 50%. Así, los departamentos con mayor cobertura en carreteras de la costa Caribe son Atlántico (98 km/100 km<sup>2</sup>) y Sucre (70 km), mientras que en el interior son Cundinamarca (82 km) y Boyacá (72 km). En la zona occidental sobresalen Quindío (72 km) y Caldas (66 km). 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 km/100 km<sup>2</sup>), Bolívar (36 km), Valle del Cauca (47 km), Cesar (48 km), Córdoba (53 km) y Tolima (54 km). En estos departamentos la ausencia de vías 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 solo la malla vial pavimentada. Por ejemplo, 83% de los suelos del Magdalena tiene vocación agrícola, aunque solo se usen para esa finalidad 27,5% (especialmente en plantaciones de banano). Ese departamento cuenta con apenas 3,2 km de vías pavimentadas por cada 100 km<sup>2</sup>. Algo similar ocurre en Sucre, cuya vocación agrícola asciende a 63% y solo se usa 28% de las tierras, sobre todo en cultivo de maíz y yuca; este departamento cuenta con 3,4 km de vías pavimentadas por cada 100 km<sup>2</sup>.

El bajo uso del suelo en la agricultura y su baja competitividad en muchos municipios del país podría estar asociado a las altas deficiencias en malla vial. En el Gráfico 6 se muestra la correlación entre el área cultivada (como porcentaje del área total) de 1.081 municipios del país con respecto a la cobertura total de la malla vial (medida en kilómetros de carreteras por cada 1.000 ha). El coeficiente es positivo —asciende a 0,11— y es estadísticamente significativo. Este hallazgo preliminar es 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 en tiempo seco y de lluvias. La correlación descrita y la posible causalidad serán analizadas con más detalle en la sección 4; en el Anexo 1 se insinúan algunos resultados.

**Cuadro 2**  
**Cobertura de la red vial nacional, 2012**  
**(kilómetros de carreteras por cada 100 km<sup>2</sup>)**

	Vías primarias	Vías secundarias		Vías terciarias			Total	Suelos de vocación agrícola	Suelos de uso agrícola
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		(porcentaje) <sup>a</sup>	
Total nacional	4,38	0,58	1,85	7,88	12,28	21,34	48,31	46,0	33,7
Participación porcentual	9,1	1,2	3,8	16,3	25,4	44,2	100,0		
<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
C/marca	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
La 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
N. 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 <sup>b</sup>	0,07	0,00	0,04	0,40	1,29	2,73	4,53	29,9	11,9

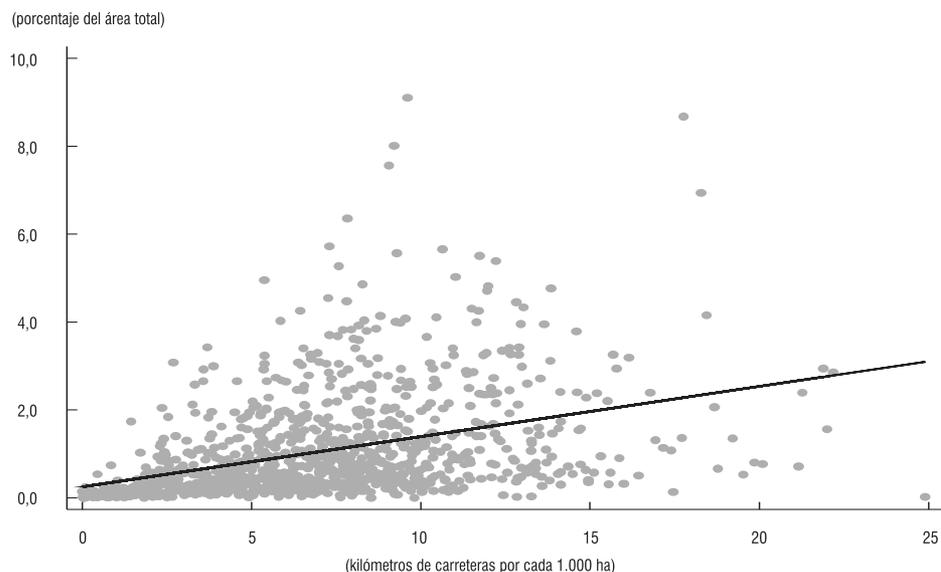
Notas: vías clasificadas según el criterio de la UPRA.

a/ 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 cobertura por la UPRA.

b/ Incluye a Putumayo, Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Vichada.

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

**Gráfico 6**  
**Área sembrada (eje vertical) vs. Cobertura en malla vial (eje horizontal)**



Fuente: cálculos de los autores con base en información de la UPRA.

### 2.3 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 solo en las temporadas secas (147 mil km). Ese tipo de carreteras explica casi la mitad de la cobertura total del país (18 de 41 km por cada 100 km<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 sobrecostos a los agricultores que ya tienen establecida su actividad y, además, desincentiva la apertura de nuevos negocios en el sector. Esto último, debido a que el tiempo de desplazamiento para el transporte de insumos o llevar sus cosechas de las fincas a las cabeceras municipales o a los centros minoristas y/o mayoristas de comercialización, es muy extenso.

A fin de ilustrar esa problemática utilizamos la información de la UPRA sobre las llamadas “isócronas”. Las isócronas 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. En el cálculo de los tiempos de desplazamiento se tiene en cuenta el tipo de vías con que cuenta cada municipio y la correspondiente velocidad media, que es dada por el Ministerio de Transporte. Originalmente se tiene información sobre diez opciones de tiempos de desplazamiento: a menos de una hora, entre una y dos horas, y así sucesivamente, hasta superiores a once horas; de allí surge la isócrona dominante, la cual 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 de área rural del país 65,3 millones de ha (56%) se encuentran a más de tres horas de desplazamiento terrestre de sus cabeceras municipales y 28,2 millones de ha (25%) a menos de una hora. Dicha 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 h; esta cifra hay que tomarla con precaución, pues está bastante influenciada por extensas regiones de baja vocación y uso agrícolas, como Caquetá, Chocó y los departamentos de la Orinoquia y Amazonia, agrupadas en el rubro “Resto”, cuyos tiempos de desplazamiento promedio son, incluso, superiores a ocho horas. La información de estos departamentos podría ser relevante para la explotación forestal ubicada en esas regiones, porque con claridad el transporte terrestre de sus productos es desventajoso en términos de costos.

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 tiempos de desplazamiento de las fincas rurales hacia sus cabeceras, están los de Meta (4,8 h en promedio), Nariño (3,7 h), Cauca (2,5 h) y el Valle del Cauca (2,4 h). Los productores de estas regiones podrían ser más competitivos si contaran con una malla vial hacia sus zonas rurales más extensa y en mejor estado, 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 las del Eje Cafetero, cuyos tiempos de desplazamiento oscilan entre 0,6 y 0,8 h en promedio, Cundinamarca (0,7 h) y Atlántico (0,5 h).

El indicador de los tiempos de desplazamiento que podría resultar más interesante para el transporte de las cosechas aparece registrado en la sección B del Cuadro 3 (isócronas de 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, no necesariamente ubicado en su cabecera municipal. Su relevancia obedece a que se aproxima de mejor forma a los tiempos que utilizan los agricultores para comercializar sus cosechas; nótese que en el total nacional —95,7 millones de ha, es decir 84% del área total— estos se encuentran a más de tres horas del centro de abasto más cercano; para ser más precisos, en promedio se encuentran a ocho horas de comunicación terrestre, solo 2,9% de las áreas rurales se hallan 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 dos 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.

Sin embargo, hay regiones con alta vocación 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 cinco 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 de la malla vial a fin de brindarle a los productores mayores facilidades para comercializar sus cosechas.

**Cuadro 3**  
**Tiempos de desplazamiento de las áreas rurales a:**

Departamento	A. Cabeceras municipales			Isócrona dominante (h: horas)	Tiempo promedio en horas	B. Centros minoristas y mayoristas			Isócrona dominante (h: horas)	Tiempo promedio en horas
	Hectáreas rurales de los municipios (en miles)					Hectáreas rurales de los municipios (en miles)				
	A menos de una hora	Entre una y tres horas	Más de tres horas			Menos de una hora	Entre una y tres horas	Más de tres 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	7,90
Antioquia	3.241	2.000	1.055	Menos de 1 h	1,73	487	2.179	3.630	Más de 3 h	4,16
Atlántico	328	3	0	Menos de 1 h	0,51	167	163	0	Menos de 1 h	1,01
Bolívar	1.246	885	534	Menos de 1 h	1,94	1	450	2.214	Más de 3 h	6,48
Boyacá	1.598	550	170	Menos de 1 h	1,12	0	880	1.437	Más de 3 h	3,85
Caldas	629	115	0	Menos de 1 h	0,66	104	524	115	Entre 1 y 3 h	1,99
Caquetá	642	1.309	7.060	Más de 3 h	8,00	0	42	8.969	Más de 3 h	9,76
Cauca	1.244	937	944	Menos de 1 h	2,45	85	668	2.372	Más de 3 h	5,95
Cesar	1.227	940	89	Menos de 1 h	1,16	0	261	1.995	Más de 3 h	4,74
Córdoba	1.508	608	384	Menos de 1 h	1,66	0	0	2.500	Más de 3 h	6,57
C/marca	1.977	394	28	Menos de 1 h	0,73	598	1.576	225	Entre 1 y 3 h	1,67
Chocó	313	992	3.518	Más de 3 h	6,09	0	105	4.720	Más de 3 h	9,18
Huila	1.115	571	128	Menos de 1 h	1,14	258	993	562	Entre 1 y 3 h	2,58
La Guajira	747	595	719	Menos de 1 h	3,31	0	8	2.053	Más de 3 h	7,15
Magdalena	1.187	849	278	Menos de 1 h	1,48	21	557	1.736	Más de 3 h	4,45
Meta	1.053	2.222	5.280	Más de 3 h	4,82	188	1.180	7.187	Más de 3 h	7,55
Nariño	895	767	1.486	Más de 3 h	3,76	0	0	3.150	Más de 3 h	8,80
N. Santander	1.143	731	308	Menos de 1 h	1,53	260	1.004	919	Entre 1 y 3 h	3,16
Quindío	173	20	0	Menos de 1 h	0,60	148	45	0	Menos de 1	0,74
Risaralda	260	95	1	Menos de 1 h	0,83	137	180	39	Entre 1 y 3 h	1,55
Santander	1.978	1.004	73	Menos de 1 h	0,98	244	1.625	1.185	Más de 3 h	2,79
Sucre	683	338	51	Menos de 1 h	1,08	0	33	1.039	Más de 3 h	5,99
Tolima	1.592	661	162	Menos de 1 h	1,09	44	1.605	766	Entre 1 y 3 h	2,88
Valle Cauca	1.237	380	460	Menos de 1 h	2,36	468	932	677	Entre 1 y 3 h	3,40
Arauca	620	840	923	Más de 3 h	2,78	0	0	2.383	Más de 3 h	8,68
Casanare	942	2.039	1.453	Entre 1 y 3 h	2,58	0	143	4.292	Más de 3 h	7,41
Resto <sup>a</sup>	668	2.478	38.388	Más de 3 h	8,71	0	0	41.539	Más de 3 h	10,77

a/ Resto incluye a Putumayo, Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Vichada.

Fuente: cálculo de los autores con base en información de la UPRA.

## **2.4 La electrificación rural**

El suministro de energía eléctrica es vital, no solo 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 se constituye en insumo 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 en el desarrollo de nuevos procedimientos agroindustriales.

Para solo mencionar algunos usos, la mayor parte de los sistemas de bombeo de agua en regadío o drenaje a diferentes escalas utilizan la energía eléctrica; en ausencia de esta fuente de energía, muchos cultivos ubicados en zonas distantes y sin acceso a dicho 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, por ejemplo flores, frutas y verduras, y el empaque necesario para su comercialización, requieren los servicios de la energía eléctrica. A lo anterior se suman los procesos de refrigeración a que deben estar sometidos algunos productos para su preservación, solo posible 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 correspondientes al 2012. Los índices elaborados a partir de la población y las viviendas atendidas para el nivel nacional y cada uno de los departamentos son relativamente altos. Con excepción de Cauca, Chocó, La Guajira y Casanare, las coberturas totales de las otras regiones del país están por encima del 90%; dichos departamentos, a los cuales habría que adicionar 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 columna 5 del Cuadro 4. Para el total nacional el índice de cobertura rural se reduce de 85% (fuente UPME) a 59% cuando se tiene en cuenta la extensión de los municipios.

**Cuadro 4**  
**Coberturas en electrificación rural, 2012**  
**(porcentaje)**

Departamento	UPME, Ministerio de Minas y Energía			Medición alternativa cobertura rural <sup>a</sup>	Suelos de 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
C/marca	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
La 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
N. 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 <sup>b</sup>	n. d.	n. d.	n. d.	35,8	44,8	8,1

n. d.: no disponible.

a/ La medición alternativa de la cobertura de electrificación rural en los departamentos se hace utilizando la extensión de cada municipio como ponderador.

b/ incluye Putumayo, San Andrés, Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Vichada.

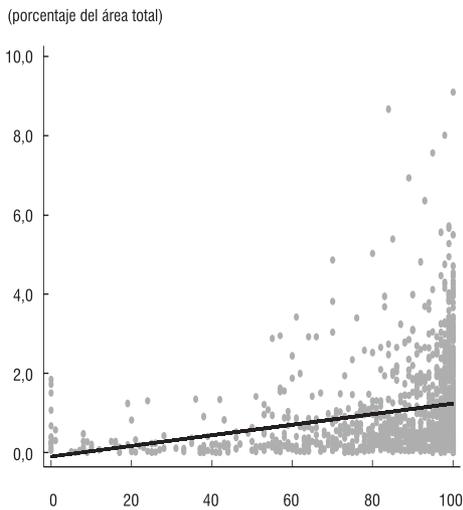
Fuente: Ministerio de Minas y Energía y cálculo de los autores con base en la información de la UPME y la UPRA.

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, registran los mayores índices de electrificación rural (superiores al 90%); en este mismo nivel se encuentran Cundinamarca y Valle del Cauca. Por su parte, regiones con vocación agrícola dominante como Bolívar, Boyacá, Cesar, Córdoba, Magdalena, Tolima y Meta, entre otras, tienen niveles de coberturas en electrificación rural que no superan el 75%.

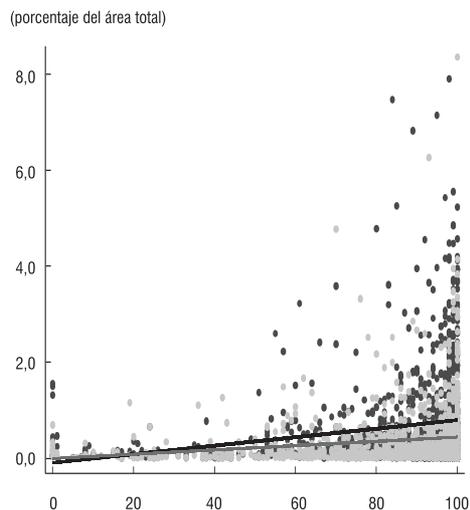
La ampliación de las redes de energía eléctrica a las áreas rurales del país que aún registran coberturas bajas, y las facilidades de acceso a los productores del campo, constituirían un apoyo directo del Estado al agro y posiblemente tendrían efectos positivos sobre la ampliación de la frontera productiva. En efecto, en el Gráfico 7 se muestran las correlaciones entre las áreas cultivadas (como porcentaje del área total) de 1.100 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.

**Gráfico 7**  
**Área sembrada (eje vertical) vs. Cobertura energía rural (eje horizontal)**  
**Muestra: 1.081 municipios**

**A. Total cultivos**



**B. Cultivos transitorios (gris oscuro) y permanentes (gris claro)**



Fuente: cálculos de los autores con base en información de la UPRA.

### **3. PAPEL 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 y Rubin (1983) y, posteriormente, aplicada sobre todo en el campo laboral por Heckman, Ichimura y Todd (1998), y Peikes, Moreno y Orzol (2008).

### 3.1 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 solo en cuanto a la cobertura de los bienes públicos para el agro, sino en otros aspectos básicos, físicos y socioeconómicos, que podrían influir en 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, pues inicialmente se escoge una muestra por medio de la selección de unidades —municipios— cercanas en las características básicas observables. Definida la muestra de unidades equiparables, el método permite valorar el efecto (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 preexistentes. En otras palabras, en cada ejercicio de estimación se controla por las características básicas de las unidades de análisis y por los tratamientos que no ingresen como activos (*tratamientos de control*), según corresponda.

Existen dos problemas que eventualmente 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, al 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), es 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 cuales 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 en que los puntajes de balance tengan 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.

Con el fin de entender la naturaleza de esta técnica seguimos la notación propuesta por Rubin (1973). Así, para la unidad  $i$  ( $i = 1, \dots, N$ ), los dos resultados potenciales de los tratamientos de control y del tratamiento activo vienen 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 de 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 cual significa que las observaciones tratadas y las no tratadas de cada estimación tengan unidades que, en el promedio, presenten características similares. El modelo usual de respuesta binaria empleado para calcular el PS es el de máxima verosimilitud, pero esa técnica presenta inconvenientes de desbalance en los coeficientes (Rosenbaum y Rubin, 1983). Como alternativa que enfrenta satisfactoriamente ese 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, 2013).

### 3.2 Datos y resultados

Las estimaciones de PSM emplean las variables descritas en el Cuadro 5. Como variables de resultado (endógenas) se utilizan el rendimiento y el área sembrada de dieciséis cultivos, que fueron seleccionados por ser beneficiarios de los principales bienes de infraestructura —distritos de riego, principalmente— y producidos en el mayor número de municipios. En el caso del rendimiento, estimado como la producción física en toneladas por hectárea, las estimaciones determinarán el posible efecto de los bienes de infraestructura sobre la productividad de los factores básicos que participan en las cosechas (tierra, trabajo, capital y tecnología).

Con relación a las variables de tratamiento (explicativas), se incluyen los principales bienes públicos para el agro, esto es, los sistemas de irrigación, carreteras terciarias y centros minoristas y mayoristas de acopio, cuya disponibilidad se aproxima mediante los tiempos de desplazamiento hacia ellos (isócronas). La electrificación rural, que corresponde a una variable de infraestructura del sector, se usa como 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), índice de ruralidad, asistencia técnica y grado de capitalización (medido a través del acceso al incentivo a la capitalización rural, ICR).

**Cuadro 5**  
**VARIABLES USADAS EN LAS ESTIMACIONES PSM**

Variables resultado (rendimiento y área sembrada)		Variables de tratamiento	Variables de control
Arroz	Lulo	Distritos de riego (variables dicótomas) 1 si tiene distritos	Índice de energía rural
Arveja	Maíz	0 si no tiene distritos	Vocación agrícola
Banano	Palma de aceite	Vías terciarias (cobertura por km <sup>2</sup> )	Asistencia técnica
Café	Papa	1 si está por encima de la mediana	Índice de ruralidad
Cebolla	Plátano	0 de lo contrario	Población rural
Cítricos	Tomate	Isócronas a centros de acopio (área a menos de dos horas de desplazamiento)	Incentivo a la capitalización rural (ICR)
Fríjol	Trigo	1 si está por encima de la mediana	
Hortalizas	Yuca	0 de lo contrario	

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de los modelos estimados por PSM y se identifican entre ellos los casos exitosos, correspondientes a las estimaciones que reflejan un efecto 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 dieciséis cultivos y las tres variables de tratamiento, y se obtuvieron 71 estimaciones exitosas. El número de modelos estimado es relativamente bajo porque se evaluó el rendimiento y las áreas 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).

En el Cuadro 6 se cita el número de estimaciones exitosas frente al total, por cada variable de resultado y tratamiento. Así por ejemplo, el arroz aparece como el cultivo más beneficiado por los distritos de riego en términos de su rendimiento, pues se obtienen quince modelos exitosos de los veintiún estimados. Luego aparecen los cultivos de papa y trigo (ocho de veintiuno en cada caso), aceite de palma y fríjol. En principio sorprende que el rendimiento de muchos cultivos con acceso a este bien de infraestructura no se beneficien de él (arveja, banano, café, cebolla en rama, cítricos, maíz, plátano, tomate y yuca); no obstante, al examinar los resultados del CNA se encuentra que solo 0,1% de las unidades de producción agropecuaria (UPA) usan como fuente de agua la proveniente de los distritos de riego (CNA, 2014). En este sentido, nuestros resultados son coherentes con ese hallazgo.

**Cuadro 6**  
**Resumen de los modelos estimados por PSM**  
**(número de modelos exitosos y totales)<sup>a</sup>**

	Distritos de riego		Isócronas centro de 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

a/ Éxitos al  $p < 0,05$ .

Fuente: cálculos de los autores.

Al valorar el efecto del acceso a los centros de acopio y distribución sobre las áreas sembradas, las estimaciones para el arroz y el café confirman lo 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 mayor influencia en las áreas sembradas (palma de aceite, papa, tomate, yuca, etc.), aun si este tipo de malla vial está constituido por carreteras sin afirmar y solo transitables en épocas de tiempo seco.

Ahora bien, para mostrar en detalle e interpretar los resultados de algunos modelos estimados que fueron exitosos según el efecto esperado, en el Cuadro 7 seleccionamos, a manera de ejemplo, cinco cultivos afectados 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); 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 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 t). Este resultado es estadísticamente significativo al 0,01 y tiene cuenta la producción de 273 municipios (59 tratados y 214 controles) en el 2008. De acuerdo con las estadísticas descriptivas de este modelo en particular, el rendimiento promedio de los municipios tratados —beneficiarios— es de 11,6 t por ha/año, mientras que el correspondiente a los municipios controles —no beneficiarios— es de 6,6 t (Anexo 2). Junto al arroz, el rendimiento del tomate registra los mayores efectos positivos de los distritos de riego y, en menor grado, se registran en la arveja (1,3 t), el trigo (0,62 t) y la palma de aceite (0,32 t).

La influencia de 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 de frijol, cítricos, arroz, y los efectos sobre la papa y el maíz son de menor cuantía, pero todos registran un alto nivel de significancia estadística. Cabe resaltar que el mayor número de municipios de los que se tomó la información se relaciona con estos últimos modelos (más de 600 municipios para el frijol y de 700 para el maíz). Al final, los beneficios resultantes de una mejor malla vial de carreteras terciarias en el área sembrada de cítricos y frijol son de mayor magnitud; las áreas sembradas de papa, arveja y frutales como el lulo, también se han beneficiado de esta infraestructura.

En síntesis, los resultados que se registran en el Cuadro 7, así como los obtenidos para el resto de las estimaciones exitosas y que están disponibles para 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 a la provisión de bienes de infraestructura. Sus impactos positivos sobre el rendimiento y 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, 2 millones 100 mil trabajadores de las UPA son miembros de los hogares productores, por lo tanto una política que eleve su ingreso mediante su mayor productividad no solo 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 en que se cuente con más información, sus resultados constituyen un primer paso para sustentar cambios en la política agraria.

#### **4. 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 —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 informes oficiales de organismos internacionales, misiones técnicas y 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 el principal objetivo de este capítulo.

**Cuadro 7**  
**Resultados de algunos modelos estimados por PSM**

EPT		Arroz		Arveja		Palma de Aceite		Tomate		Trigo	
		TR	C	TR	C	TR	C	TR	C	TR	C
<b>Muestra</b>		59	214	85	189	18	62	114	251	30	64
<b>Prueba de balance</b>	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 de estimación	2008		2012		2008		2011		2008	
Acceso a centro de acopio y comercialización (efectos sobre el área sembrada)											
EPT		Arroz		Frijol		Papa		Cítricos		Maíz	
		TR	C	TR	C	TR	C	TR	C	TR	C
<b>Muestra</b>		103	179	305	305	107	109	55	69	362	362
<b>Prueba de balance</b>	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 de estimación	2012		2012		2013		2013		2013	
Vías terciarias (efectos sobre el área sembrada)											
EPT		Arveja		Lulo		Cítricos		Frijol		Papa	
		TR	C	TR	C	TR	C	TR	C	TR	C
<b>Muestra</b>		135	135	60	61	62	62	134	134	210	210
<b>Prueba de balance</b>	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 de estimación	2013		2012		2013		2012		2013	

Notas: EPT: efecto promedio total; TR: tratados (número de municipios); C: controles (número de municipios), antes y después del emparejamiento.

Niveles de significancia estadística: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,1$ .

Fuente: cálculos de los autores.

El trabajo inicialmente reconoce la importancia de los bienes públicos para el agro y describe la distribución de los recursos públicos en el sector; luego, estima las coberturas de los principales bienes públicos de infraestructura y 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 solo con respecto a países de otras latitudes, sino también de sus pares en la región.

A fines de valorar los efectos de los bienes públicos en el desempeño de la agricultura se estimaron modelos de emparejamiento de corte transversal para los principales cultivos cosechados en la mayor parte de los municipios del país (incluyendo, entre otros, 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, por ejemplo el efecto de los distritos de riego y drenaje en el desempeño del arroz, el tomate, el trigo y la palma de aceite, se obtuvieron resultados 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.

Este trabajo también ofrece resultados interesantes sobre los efectos positivos derivados de una mejor malla de carreteras terciarias y mejor acceso a los centros de acopio y comercialización. Es preciso reconocer que, a nuestro entender, este tipo de ejercicios no se había realizado antes y son indispensables en la aplicación práctica de las políticas públicas.

Algunas estadísticas internacionales son útiles: el 40% de los alimentos que se producen a nivel mundial provienen de tierras que cuentan con sistemas de regadío y solo 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 construidos pero que, por diversas razones, no están en funcionamiento; además, se debe tener mucho cuidado respecto de la ubicación espacial de los nuevos emprendimientos de riego y drenaje, de manera que sean acordes con la vocación agrícola de la región donde se construyan. Además, se deben promover esquemas institucionales apropiados para su manejo, de manera que se garantice su buen funcionamiento en el transcurso del tiempo.

Algo similar puede concluirse de la evidencia estadística que se ofrece 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 solo 2,9% está a menos de una hora de un centro de acopio. Naturalmente, entre los departamentos se presentan diferencias considerables, como se ilustra en los cuadros pertinentes.

## REFERENCIAS

- Calderón, C.; Servén, L. (2010). “Infrastructure in Latin America”, *Policy Research Working Paper*, núm. 5317, Banco Mundial, Washington, D. C.
- 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*, vol. 95, núm. 3, pp. 932-945.
- Dregne, H. E.; Chou, N. T. (1992). “Global Desertification Dimensions and Costs”, en *Degradation and restoration of arid lands*, Lubbock: Texas Tech. University, pp. 73-92.
- Evenson, R. E.; Pray, C.; Rosegrant, M. W. (1999). “Agricultural research and productivity growth in India”, International Food Policy Research Institute, Research Report 109, Washington, D. C.
- Fan, S.; Zhang, X.; Rao, N. (2004). “Public expenditure, growth, and poverty reduction in rural Uganda”, DSGD Discussion Paper, núm. 4, International Food Policy Research Institute, Washington, D. C.
- FAO (1996). *Agriculture and Food Security. World Food Summit*, Roma: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Gleck, P. H. (2000). “A look at twenty-first century water resources development”, *Water International*, vol. 25, núm. 1, pp. 127-138.
- Heckman, J. J.; Ichimura, H.; Todd, P. (1998). “Matching as an econometric evaluation estimator”, *The Review of Economic Studies*, vol. 65, núm. 2, pp. 261-294.
- Hernández, A.; Becerra, A. (2014). *Capital básico para la agricultura en Colombia, Misión Rural*, cap. 3, Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- 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*, vol. 63, núm. 2, pp. 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*, vol. 62, núm. 3.
- Pinstrup-Andersen, P.; Shimokawa, S. (2006). “Rural infrastructure and agricultural development”, documento presentado en la Conferencia Anual del Banco Mundial sobre Desarrollo Económico, Tokio, Japón, mayo 29-30, Banco Mundial.
- Restrepo, J. C. (2014). *La cuestión agraria, tierra y posconflicto en Colombia*, cap. 4, Bogotá: Penguin Random House.
- Rosenbaum, P. R.; Rubin, D. B. (1983). “The central role of the propensity score in observational studies for causal effects”, *Biometrika*, vol. 70, núm. 1, pp. 41-55.
- Rubin, D. B. (1973). “The use of matched sampling and regression adjustment to remove bias in observational studies”, *Biometrics*, vol. 29, núm. 1, pp. 185-203.

- Schoengold, K.; Zilberman, D. (2007). "The economics of water, irrigation, and development", en R. Everson y P. Pingali (eds.), *Handbook of agricultural economics*, vol. 3, núm. 1, pp. 2933-2977, Elsevier.
- Shenggen, F. A. N.; Zhang, X. (2004). "Infrastructure and regional economic development in rural China", *China economic review*, vol. 15, núm. 2, pp. 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*, vol. 31, núm. 12, pp. 1959-1975.

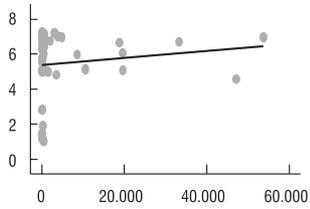
## ANEXO 1

### Correlaciones entre las coberturas de los bienes de infraestructura y el rendimiento de algunos cultivos

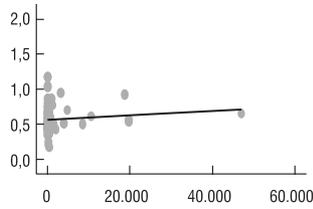
Gráfico A1.1

Área regada por distritos de riego y rendimiento agrícola (ha)

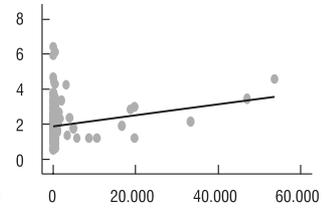
A. Arroz



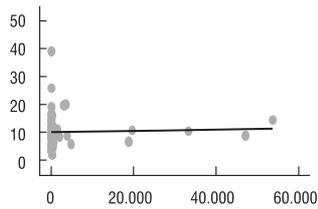
B. Cacao



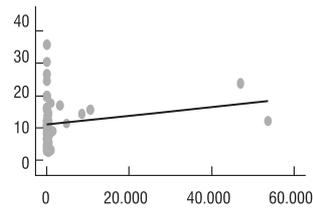
C. Maíz



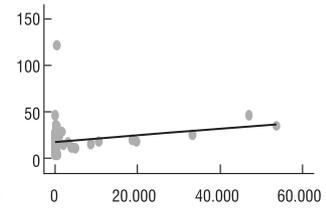
D. Mango



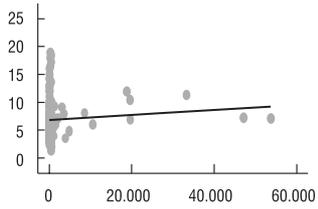
E. Naranja



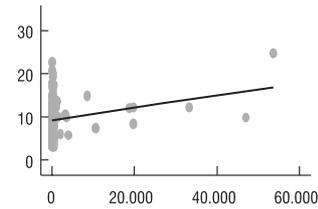
F. Papaya



G. Plátano



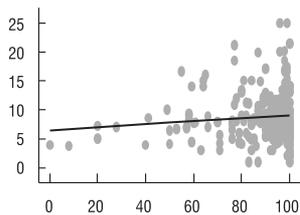
H. Yuca



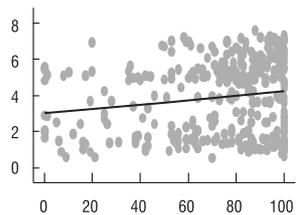
Fuente: cálculo de los autores con información de la UPRA.

**Gráfico A1.2**  
**Índice de energía rural y rendimiento agrícola**

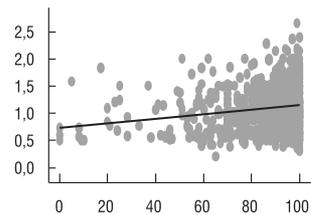
**A. Arracacha**



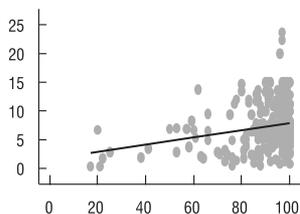
**B. Arroz**



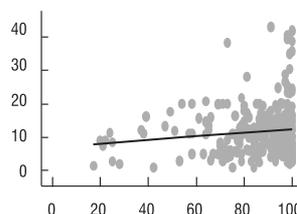
**C. Frijol**



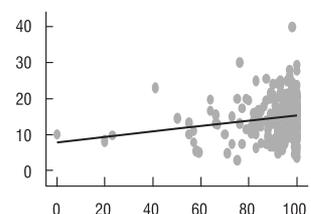
**D. Habichuela**



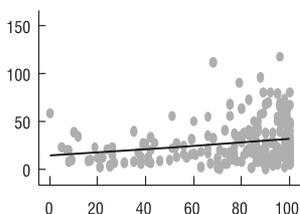
**E. Naranja**



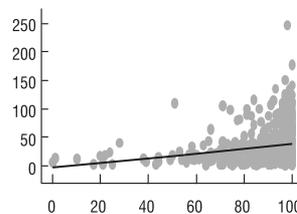
**F. Papa**



**G. Piña**



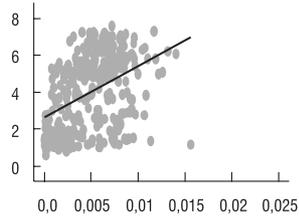
**H. Tomate**



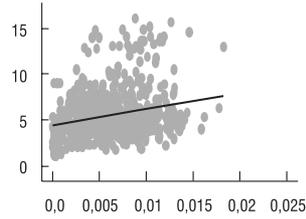
Fuente: cálculo de los autores con información de la UPRA.

**Gráfico A1.3**  
**Densidad de vías terciarias y rendimiento agrícola**

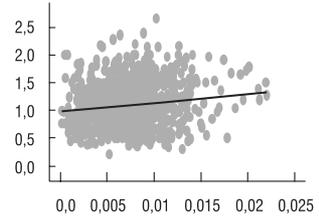
**A. Arroz**



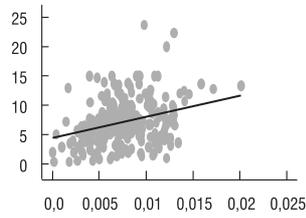
**B. Caña de Azúcar**



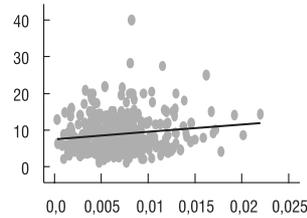
**C. Fríjol**



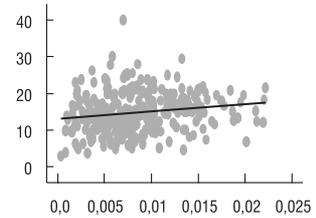
**D. Habichuela**



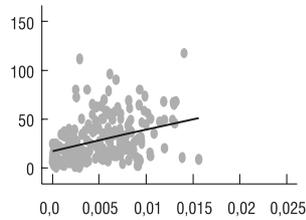
**E. Lulo**



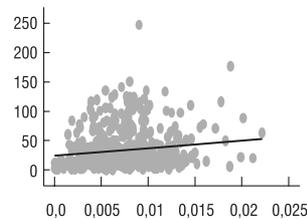
**F. Papa**



**G. Piña**



**H. Tomate**



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

## ANEXO 2

### Estadísticas descriptivas de algunos modelos del Cuadro 7 (Promedio municipal 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)	56,4	54,62	55,15
Número distritos de riego	1,95	0,00	0,42	Número 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 (pesos)	546.208.432	257.121.646	319.598.278	ICR (pesos)	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 (pesos)	40.474.775	62.784.022	57.962.610	AT (pesos)	80.880.209	68.448.346	72.122.142
Vocación agrícola (porcentaje)	0,69	0,51	0,55	Vocación agrícola (porcentaje)	0,60	0,61	0,61
Población rural (2007)	13.721	13.285	13.380	Población rural (2007)	12.162	10.049	10.674
< 2 h al centro de acopio	0,41	0,15	0,21	Vías terciarias por hectárea	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 (porcentaje)	0,0072	0,0065	0,0068	Área sembrada (porcentaje)	0,0135	0,0045	0,0090
< 2 h al 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 (pesos)	281.663.731	403.694.741	342.776.549	ICR (pesos)	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 (pesos)	59.241.485	115.437.794	87.384.453	AT (pesos)	58.258.263	80.465.322	69.414.416
Vocación agrícola (porcentaje)	0,66	0,57	0,61	Vocación agrícola (porcentaje)	0,63	0,59	0,61
Población rural (2007)	9.353	11.131	10.243	Población rural (2007)	10.690	10.473	10.581
Número distritos de riego	0,61	0,59	0,60	Número distritos de riego	0,46	0,37	0,41

Fuente: cálculo de los autores con información de la UPRA, Finagro y DANE.

