Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

LIBRO 1

Conectividad para el desarrollo agrícola

Una mirada de largo plazo

LIBRO 1

Conectividad para el desarrollo agrícola

Una mirada de largo plazo

Autor:
Julio César Aguirre Montoya
Yohnny Gastón Campana Morales
Elmer Lionel Guerrero Yupanqui

Universidad del Pacífico - UP

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Lima, 2017

CONECTIVIDAD PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA. UNA MIRADA DE LARGO PLAZO

Citación recomendada:
Aguirre, J., Campana, Y. y Guerrero, E. 2017. Conectividad para el desarrollo agrícola. Una mirada de largo plazo. En IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas. Libro I. Lima, FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-309616-9

© FAO, 2017

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

Foto de portada: ©Michell León/ALIADOS II

ÍNDICE

Presentación V

Abreviaturas VI

Resumen..... VII

Introducción 1

1. Marco teórico 3

1.1. Infraestructura y desarrollo 4

1.2. Mecanismos causales 5

1.3. Conclusiones de la literatura revisada 10

2. Datos y variables 12

2.1. Tratamiento de las fuentes de información 13

2.2. Variables 13

2.3. Estadística descriptiva 15

3. Metodología 18

3.1. Estrategia empírica 19

4. Resultados 23

4.1. Delimitación de la muestra 24

4.2. Correlación del instrumento 25

4.3. Primera etapa 26

4.4. Segunda etapa 28

4.5. Análisis de política: impactos esperados por acortar brechas de infraestructura vial.....58

5. Conclusiones y recomendaciones de política 61

Bibliografía 66

PRESENTACIÓN

Desde que fue creada, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) apoya la realización de censos agropecuarios en países de todo el planeta. Así, proporciona un conocimiento técnico especializado, que acompaña los procesos de recogida de información.

En el Perú, desde 1988, la FAO apoyó la preparación del III Censo Nacional Agropecuario. Dicho censo culminó recién en 1994, momento en el cual la FAO volvió a prestar su apoyo hasta 1996, durante la etapa de análisis de la data recogida.

El presente compendio, IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas, se desarrolló en el marco del Proyecto de Asistencia Técnica para la Preparación y Realización del IV Censo Nacional Agropecuario (TCP/PER/3402), y está formado por 6 de los 10 estudios seleccionados en el concurso de investigación Uso del IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012, convocado en diciembre del 2013 por el Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) en coordinación con la FAO y el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).

El objetivo del concurso fue promover el uso del IV CENAGRO 2012 para analizar los cambios producidos en el sector desde que concluyó el censo anterior (1994), y así generar evidencia útil para diseñar políticas agrarias. De esta manera se aporta al desarrollo sostenible y la inclusión socioeconómica de la población que trabaja en casi 2 millones de unidades agropecuarias menores de 5 hectáreas, ubicadas principalmente en la sierra y selva.

Esta investigación fue seleccionada por un jurado integrado por representantes del MINAGRI, la FAO y el CIES, entre 50 propuestas presentadas como Proyectos Medianos por académicos de las principales instituciones nacionales de enseñanza superior e investigación. En la categoría de Proyectos Breves se presentaron 24 proyectos, y se seleccionaron 4.

Una función básica de la FAO consiste en contribuir al fortalecimiento de capacidades para preparar, aplicar, supervisar y evaluar políticas y programas sobre la base de hechos comprobados. En este marco, cabe destacar esta experiencia, pionera en la región de América Latina y el Caribe, pues vincula la investigación independiente del sector académico con la toma de decisiones para adoptar políticas públicas agropecuarias basadas en evidencias proporcionadas por el IV CENAGRO.

Este estudio, ejecutado con apoyo del Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP), analiza el impacto de la conectividad vial en el desarrollo y bienestar de los productores de diversos espacios rurales agrícolas. Asimismo, identifica brechas de infraestructura y proporciona recomendaciones de política pública sobre paquetes integrales de infraestructura, dotación de infraestructura complementaria para suprimir las brechas detectadas y adopción de mecanismos de inversión público-privada.

John Preissing
Representante de la FAO en Perú

ABREVIATURAS

AFIN	Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional
BCRP	Banco Central de Reserva del Perú
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CIES	Consorcio de Investigación Económica y Social
DGPA	Dirección General de Políticas Agrarias
DGSEP	Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FONIE	Fondo para la Inclusión Económica en Zonas Rurales
IDH	Índice de desarrollo humano
MCO	Mínimo cuadrado ordinario
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NASA	Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (por sus siglas en inglés)
NHTS	Sistema Nacional Vial de Camiones de China (por sus siglas en inglés)
OSITRAN	Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público
PEPI	Población en proceso de inclusión
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Produce	Ministerio de la Producción
PSM	Propensity score matching
PTF	Productividad total de factores
SEA	Sectores de empadronamiento agropecuario
SRTM	Misión Topográfica Shuttle Radar (por sus siglas en inglés)
UA	Unidad agropecuaria
VBP	Valor bruto de la producción
VI	Variable instrumental

RESUMEN

A partir del Censo Nacional Agropecuario del 2012 y de data georreferenciada del sistema vial del Perú, analizamos el impacto de la conectividad vial sobre el acceso a los mercados, el uso de los factores (insumos) del proceso productivo agrícola y el bienestar de los productores de los diversos espacios rurales agrícolas del Perú, principalmente en la sierra.

Asimismo, identificamos espacios geográficos en los que, para potenciar resultados agrícolas, sería necesario acortar las brechas de infraestructura vial. Luego de aplicar un modelo de variables instrumentales —en el que utilizamos distancias euclidianas como estrategia de identificación—, encontramos que la mayor conexión vial incrementa las ventas dirigidas al mercado, la diversificación de la producción agrícola, el valor bruto de la producción del agro y el ingreso per cápita de los hogares; asimismo, reduce los tiempos de traslado y aumenta tanto el acceso a créditos como la movilización de mano de obra femenina del campo hacia las capitales de distrito. Finalmente, hallamos que los distritos más grandes de la sierra sur son los que más incrementan sus ventas si se reduce la brecha de infraestructura vial que enfrentan.

INTRODUCCIÓN

Sin duda, la infraestructura vial es de extrema relevancia en las zonas rurales de los países en desarrollo, en las que la principal actividad de sustento económico es la agricultura. Por una parte, esta infraestructura no solo permite, como efecto inmediato, reducir los tiempos y los costos de transporte de los productos cultivados desde los campos de producción hacia los puntos de venta, sino que, cuando es complementada con otro tipo de infraestructura —como irrigación y acceso público al agua, servicios de almacenamiento, infraestructura de comercialización y de procesamiento, servicios públicos, servicios para la conservación del recurso suelo, crédito e instituciones financieras, y educación y servicios de salud (Fosu 1995, Wharton 1967)—, facilita el desarrollo de la actividad agrícola mediante mejoras en la productividad y la reducción de costos (Valdivia 2010).

Por el contrario, cuando las zonas rurales carecen de infraestructura vial, se ven afectados aspectos esenciales para el desarrollo integral de una sociedad: la población se queda incomunicada, se agrava su situación en el campo y desciende el nivel de su calidad de vida. Así, diversos estudios —Webb 2013, Banco Mundial 2009 y 1994, Torero y Escobal 2004, Escobal y Ponce 2002, Fan y otros 2000, van De Walle 1996, Lipton y Ravallion 1995, Jiménez 1995, entre otros— evidencian la existencia de una relación positiva entre la presencia de caminos rurales y la reducción de la pobreza.

Ciertamente, la construcción de infraestructura vial produce también algunos efectos negativos, puesto que requiere la utilización directa de la tierra, lo que posiblemente afecta prácticas ambientales como la agricultura. Asimismo, los ríos y arroyos se desvían durante la construcción de carreteras. En esencia, se producen alteraciones de la biodiversidad —deforestación, por ejemplo— y, a veces, el desplazamiento de pueblos rurales y la migración masiva (Fernández 2009).

En el plano local, hay una gran variedad de trabajos que estudian la relación entre infraestructura vial (caminos) y desarrollo rural —Torero y Escobal 2004, Escobal y Ponce 2002 y 2012, y Webb 2013—. Sin embargo, desde el punto de vista metodológico, estos estudios han sido de naturaleza principalmente correlacional; esto supone que toman la existencia de infraestructura vial como un determinante más, entre otros, de las variables agrícolas consideradas, sin atender el problema de endogeneidad asociado a la dotación espacial de infraestructura vial.

Como se verá más adelante, este estudio pretende contribuir al análisis haciendo frente a esta limitación. Para ello, en primer lugar, se trabaja con información censal, que permitirá obtener conclusiones válidas sobre el total del país. En segundo lugar, se utiliza una estrategia econométrica de variables instrumentales basada en avances recientes de la literatura empírica de evaluación de impacto de la inversión en infraestructura vial. Para ello, se emplea información georreferenciada a nivel de distrito, que se combina con las bases del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012. Esto permitirá, por una parte, abordar con éxito el problema de endogeneidad de la dotación de infraestructura vial y obtener, así, parámetros consistentes que

recojan su verdadero impacto en el agro. Por otra parte, en la medida en que la información sobre la infraestructura vial representa un *stock* acumulado a lo largo del tiempo, las relaciones que se encuentren podrán revelar impactos de largo plazo.

El objetivo general de esta investigación, por tanto, es hacer un análisis comprehensivo del impacto de la conectividad vial[1] en el desarrollo y bienestar de los productores de los diversos espacios rurales agrícolas. Los objetivos específicos derivados son a) estimar el impacto de la conectividad vial sobre el acceso a los mercados, b) estimar el impacto de la conectividad vial sobre el uso de los factores (insumos) del proceso productivo agrícola, c) estimar el impacto de la conectividad vial sobre variables que aproximen resultados productivos y el bienestar de los productores, y d) identificar los espacios geográficos en los que es necesario acortar las brechas de infraestructura vial para potenciar resultados agrícolas.

Además de este acápite introductorio, este informe final se compone de siete secciones adicionales, tal como lo estipula el acápite 2 del anexo 1 de la Carta de Acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Universidad del Pacífico. En la primera sección, se desarrolla el marco teórico al que se circunscribe la investigación. En la segunda, se ofrecen detalles de las bases de datos y de las principales variables que se utilizarán. En la tercera, se explica la estrategia metodológica que se implementará para lograr los objetivos trazados. En la cuarta, se analizan los resultados del estudio. En la quinta, se desarrollan las conclusiones. En la sexta, se plantean las recomendaciones correspondientes. Finalmente, en la séptima, se da cuenta del Plan de Incidencia en Políticas o Asuntos Públicos.

[1] Cabe indicar que, en el presente estudio, la *conectividad vial* se entenderá como la densidad de caminos que existan en las unidades geográficas de análisis.

Capítulo 1
Marco teórico

1. MARCO TEÓRICO

En esta sección se desarrolla el marco teórico de referencia que guía la presente investigación. Se discute la literatura y la evidencia disponible en la materia, tanto en el ámbito internacional como en el local.

1.1. Infraestructura y desarrollo

Si bien la infraestructura puede ser concebida como un concepto relacionado con el capital físico, aún no hay consenso en su definición. Según Ahmed y Donovan (1992), el término *infraestructura* fue desarrollado en la Segunda Guerra Mundial por los estrategas militares para indicar elementos logísticos de la guerra. Recién a partir de la década de 1960 el término se popularizó en la literatura económica, y surgieron varias distinciones, desde *infraestructura social* hasta *infraestructura institucional.*

Es así que Prud'homme (2004) reflexiona que «[…] en los últimos dos siglos, este concepto estuvo ausente en la caja de herramientas de los economistas». No obstante, afirma el autor, durante la década de 1990, gran cantidad de literatura introdujo la infraestructura como un determinante de la función de producción, con el propósito de estimar su contribución al crecimiento económico.

El *Reporte de desarrollo mundial* de 1994 (Banco Mundial 1994) refiere que el término *infraestructura* es un «paraguas» para algunas actividades como el capital social fijo, entendido como la energía, el transporte, las telecomunicaciones, la provisión de agua y desagüe, la eliminación segura de desechos, todas estas actividades centrales para las familias y para la producción del país. Ahora bien, ¿de qué manera la infraestructura contribuye al desarrollo? Según se puede apreciar en el gráfico 1, lo hace por medio de dos vías: familias y empresas.

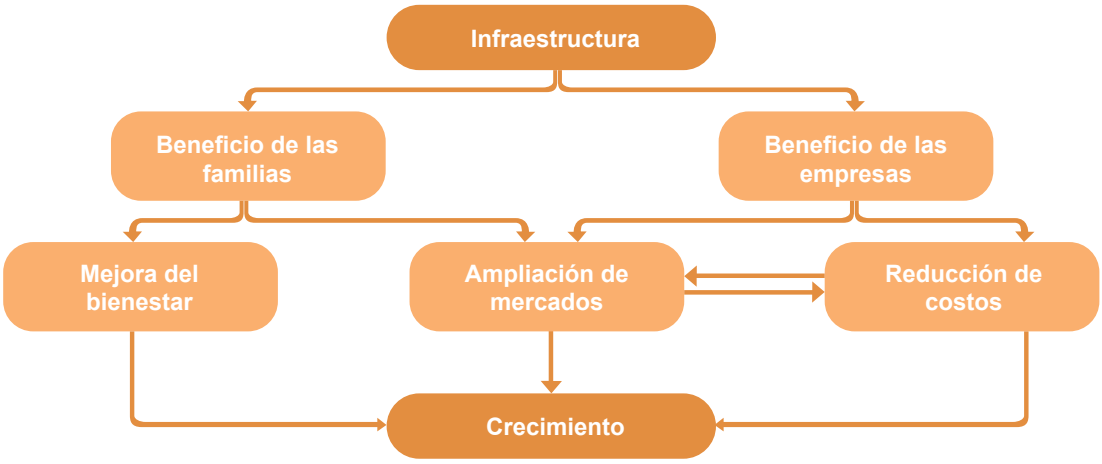
Por el lado de las familias, los servicios de infraestructura —carreteras, por ejemplo— mejoran su bienestar mediante la reducción de tiempo de transporte, las mayores posibilidades de elección de destinos finales, las oportunidades de migración, etcétera. Por el lado de las empresas, la ampliación de carreteras reduce sus costos, lo que posibilita su ingreso a nuevos mercados. Este tipo de argumento se basa en la lógica de que primero hay que tener acceso a mercados antes de poder beneficiarse de estos. Como evidencia de ello, en Estados Unidos, el despliegue de infraestructura de transporte permitió la articulación de las ciudades, lo que facilitó su crecimiento conjunto (Banerjee y otros 2012).

Alternativamente, el impacto de la infraestructura puede verse desde dos enfoques: a nivel macroeconómico y microeconómico. A nivel macroeconómico, existe amplia literatura que recoge una relación positiva entre la infraestructura y el crecimiento económico, tal como lo muestran Kessides (1993), el Banco Mundial (1994), Banerjee y otros (2012), entre otros. A nivel microeconómico, también existe una correlación positiva entre infraestructura y bienestar de los hogares. Al respecto, Willoughby (2004), a propósito del cumplimiento de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, muestra

que los diversos tipos de infraestructura —transporte, energía, telecomunicaciones, agua y saneamiento— contribuyeron a reducir la pobreza, disminuir la mortalidad infantil, mejorar la educación —enseñanza primaria universal—, alcanzar una mayor equidad de género, y optimizar la salud materna.

A manera de referencia, Fan y otros (1999), para la India, muestran que la infraestructura rural no solo es un *driver* importante del crecimiento de la Productividad Total de Factores (PTF), sino que, además, contribuye directamente a la reducción sustancial de la pobreza rural: «si el Gobierno incrementara la inversión vial en Rs100 billones (a precios constantes de 1993), la incidencia en pobreza sería su reducción en 0,87% y un incremento de la PTF en 3,03%». Por otro lado, el Banco Mundial (2009), en un estudio en Bangladesh, comprobó que algunos proyectos de mejora vial generaron un aumento del 27% en los salarios agrícolas y un crecimiento del 11% en el consumo per cápita.

Gráfico 1
Contribución de la infraestructura al desarrollo



Fuente: Prud'homme (2004).

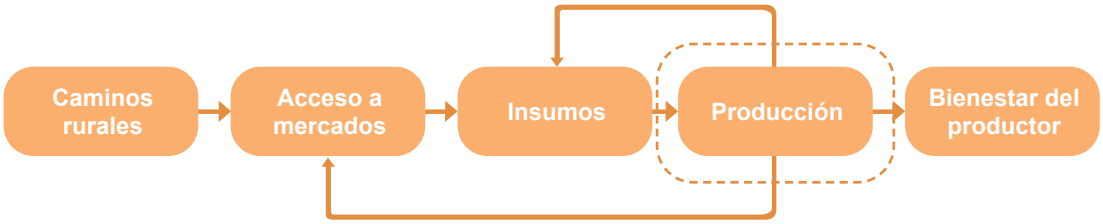
1.2. Mecanismos causales

La infraestructura de carreteras puede crear una oportunidad para el crecimiento económico de las regiones y la reducción de pobreza mediante un amplio espectro de mecanismos (Khander y otros 2006). En el caso particular del presente estudio, se entiende que los mecanismos causales o de impacto pueden operar del siguiente modo (gráfico 2): la dotación de infraestructura vial contribuye a reducir los tiempos de desplazamiento y los costos de transporte, lo que se traduce en mayor acceso a los espacios de demanda de los productos agrícolas. En otras palabras, se acorta la distancia entre los puntos de producción y los puntos de venta (acceso

a mercados). Esta disminución de los costos de transacción incentiva al productor a ampliar su oferta comercializable, lo que, a su vez, lo induce a recomponer de manera eficiente el uso de insumos (demanda de insumos) (Binswanger y otros 1993, Bangladesh Institute of Development Studies-BIDS 2004, Levy 1996)[2]. Esto último le da posibilidades de incrementar o diversificar sus cultivos (producción), aumentar su ingreso y, consecuentemente, reducir la pobreza (Bangladesh Institute of Development Studies- BIDS 2004, Fan y otros 2000)[3]. Finalmente, esta secuencia puede devenir en mayores niveles de bienestar de los productores agrícolas.

En la literatura revisada, y en el plano internacional, existen diversos trabajos que, por un lado, emplean aproximaciones estructurales —modelos de equilibrio general o modelos econométricos de ecuaciones simultáneas (Fan y Chan-Kang 2004, Chauvin y Porto 2011)—, con la desventaja de que sus supuestos deben ser plausibles y, probablemente, no sean verificables; y con la ventaja de que es posible aprender en tanto los supuestos sean válidos (Kingombe y di Falco 2012). Y, por otro lado, están los estudios que realizan evaluaciones de impacto sobre la base de modelos econométricos de forma reducida. No obstante, afirma van de Walle (2009), ambos enfoques son considerados aproximaciones complementarias, ya que hacen preguntas y responden diferentes interrogantes.

Gráfico 2
Mecanismo de cómo impactan los caminos rurales en el bienestar social



Otro grupo de trabajos evalúa los retornos de la inversión en infraestructura en países en desarrollo, a nivel agregado. De acuerdo con Qin y Zhang (2012), y Jacoby (1998), esos trabajos son criticados por no explicar por qué la conexión de carreteras determina los patrones de producción y consumo de los hogares. Por otra parte, los estudios a nivel micro —o del hogar— usualmente descansan en datos de sección cruzada debido a las dificultades para obtener datos de series de tiempo de más periodos en áreas pobres. Estos estudios implementan algunas estrategias econométricas para superar la presencia del problema de endogeneidad entre las variables explicativas —conexión o dotación de infraestructura vial, por ejemplo— y la variable dependiente de interés —crecimiento económico, por ejemplo—.

[2] Referencias citadas por Khander y otros (2006).
[3] Ídem.

En efecto, cualquier esfuerzo de evaluación de impacto debe abordar dicho problema, que surge de la elección selectiva del trazo de las vías: si la asignación de los caminos en un espacio geográfico fuera aleatoria, comparar las variables de interés de las unidades agrícolas con acceso a caminos con aquellas que carecen de este acceso sería suficiente para detectar los impactos. Sin embargo, esto no es posible debido a que el trazo de las vías obedece a restricciones observables —como las características físicas de la superficie de las áreas que se intenta conectar— y a características no observables —como las decisiones estratégicas que los gobernantes adoptan para, por ejemplo, vincular espacios cuyo desarrollo esperan impulsar prioritariamente—. Ambos elementos, en particular el segundo, configuran la naturaleza endógena de las vías y, para poder conseguir parámetros consistentes, exigen adoptar estrategias econométricas que lidien con este problema.

Algunos trabajos de evaluación de impacto han lidiado con la endogeneidad utilizando la aproximación de diferencias en diferencias combinada con otros métodos, tales como *propensity score matching* (PSM). Por ejemplo, Mu y van de Walle (2011), para Vietnam, identifican efectos heterogéneos entre regiones y grupos socioeconómicos, y encuentran que el desarrollo de mercados como resultado de la mejora de las carreteras es más probable en los lugares donde las comunidades acceden a redes de infraestructura de transporte extensas. Jalan y Ravallion (2002), y Dercon y otros (2007), utilizan modelos dinámicos de panel data para evaluar, en Etiopía, el impacto de la dotación inicial y las variaciones de la construcción de carreteras en consumo y pobreza; Deininger y Okidi (2003) hacen lo mismo en Uganda; Khander y otros (2006), en Blangadesh; y Jacoby (1998), en Nepal. En general, demuestran la importancia que tiene invertir en carreteras en la educación, la salud y el crecimiento a nivel de hogares, pero señalan que dichos beneficios dependen de su complementariedad con la inversión en otras infraestructuras —electricidad, por ejemplo—. En particular, Jacoby (1998) encuentra que el acceso a carreteras mejora la capacidad productiva de los hogares pobres, pero su estudio además concluye que el efecto de las carreteras en la reducción de la pobreza fue limitado y no modificó en absoluto la desigualdad.

Otro método utilizado es el de variables instrumentales, que explota como fuentes de exogeneidad los trazos potenciales entre dos ciudades, diferentes de los trazos efectivos de las vías. Al respecto, Faber (2013), Banerjee y otros (2012), y Martincus y otros (2013) proveen un marco referencial interesante que, en general, es el que se sigue en la presente investigación.

En primer lugar, Faber (2014) utiliza el Sistema Nacional Vial de Camiones de China (NHST por sus siglas en inglés) como un experimento natural de larga escala para evaluar si la reducción de los costos de comercialización contribuye a repotenciar la actividad económica de los centros metropolitanos hacia las regiones periféricas de este país, o si, más bien, refuerza la concentración espacial de la producción de dichos centros metropolitanos. El supuesto de identificación utilizado es que la ubicación del distrito a lo largo de la red de menor costo en China afecta los cambios en los resultados económicos a nivel de distrito únicamente mediante las conexiones de vías de la NHST, controlado por efectos fijos a nivel de provincia, la distancia

a la vía (del sistema) más cercana, y características políticas y económicas. El principal resultado obtenido es que la reducción de los costos de comercialización conlleva a un proceso de urbanización y descentralización industrial en contra de las áreas periféricas vecinas, y que esto beneficia la industrialización de la producción manufacturera en las regiones metropolitanas.

En segundo lugar, Martincus y otros (2012) intentan dar respuesta a dos preguntas: a) ¿cuáles son los efectos de la infraestructura de carreteras en las exportaciones peruanas? y, b) de existir efectos, ¿de qué manera las exportaciones adicionales impactan en la creación de empleo? Para ello, los autores emplean datos desagregados del origen de las exportaciones y la ubicación de las aduanas a través de las cuales las exportaciones salieron del país en el 2003 y el 2010, junto con información georreferencial detallada sobre la infraestructura de carreteras reciente e histórica del Perú.

Explican los autores que, entre esos años, en el Perú se construyeron más de 5000 kilómetros de nuevas carreteras, que se distribuyeron asimétricamente entre las regiones. En consecuencia, dependiendo de las rutas desde las plantas de producción hacia los puertos, aeropuertos o fronteras utilizados para salir del país, la infraestructura de transporte disponible se incrementó; y la distancia y los costos de transporte internos en los que incurrió disminuyeron para algunas exportaciones, mientras que, para otras, permanecieron igual. Entonces, contrastando ambos grupos de exportaciones, y al mismo tiempo controlando por otros potenciales factores, estimaron el impacto de estos costos en las exportaciones de las firmas. Los autores emplearon el sistema de caminos de los incas como una fuente de variación exógena de la infraestructura de transporte —ya que dicho sistema fue construido por razones completamente desconectadas del actual comercio internacional, por lo que se constituye en un buen predictor de la actual infraestructura vial—, e incluyeron un apropiado conjunto de variables de control. Los autores encontraron que la infraestructura vial doméstica tuvo un fuerte impacto positivo en las exportaciones de las firmas y que este impacto, actualmente, fue trasladado a la generación de empleo.

Finalmente, Banerjee y otros (2012) examinan empíricamente dos preguntas relacionadas: a) ¿el acceso a mejor infraestructura enriquece a la región promedio que es afectada —porque conlleva a o genera más nuevas actividades económicas— o la empobrece —porque se facilita la salida del capital físico y humano—?; y b) ¿las áreas que tienen mejor acceso a redes de transporte se benefician mucho más y sirven como motores de crecimiento cuando surgen nuevas oportunidades y el crecimiento se hace posible?

Para responder a las interrogantes, los autores emplearon datos económicos a nivel de distritos de China, y como estrategia de identificación utilizaron rectas euclidianas que unen ciudades históricas en el país y que posiblemente capturan la infraestructura ferroviaria china construida entre finales de siglo XIX e inicios del siglo XX. Así, identificaron como «áreas tratadas promedio» a aquellas que están

cerca de las líneas rectas conectadas al mismo conjunto de ciudades. Entonces, el análisis compara las áreas cercanas a las líneas con las áreas alejadas de estas, e interpreta el resultado de esta comparación como el efecto total de la infraestructura de transporte —las vías férreas originales y cualquier otra infraestructura agregada después— a lo largo de estos corredores históricos de transporte. Su estrategia, explican los autores, tiene las siguientes ventajas: a) brinda una fuente exógena de variación en el acceso a redes de transporte; y b) dicha variación retrocede al menos 50 años antes del inicio del estudio, tiempo desde el cual los patrones de actividad económica han tenido grandes posibilidades de reasignarse.

Como resultados, encuentran que estar cerca de la línea tiene un efecto positivo. El PIB per cápita fue superior en aquellos lugares cercanos a la línea. Sin embargo, este efecto no es extenso. La elasticidad del PIB per cápita con respecto a la distancia a la red histórica de transporte es aproximadamente -0,07. Para las estimaciones del efecto de la proximidad en el crecimiento, se encuentra un estimado de efecto cero. La elasticidad estimada entre la distancia a la línea y el crecimiento del PIB per cápita es -0,002 y estadísticamente insignificante (error estándar de 0,003). Respecto de este último resultado, los autores explican que es consistente con la visión de que la infraestructura de transporte en sí misma no hace mucho, excepto quizá donde ya existía una demanda por ella.

En el plano local, hay una gran variedad de trabajos que estudian la relación entre infraestructura vial (caminos) y desarrollo rural. Webb (2013) ofrece un resumen exhaustivo de dichos trabajos y, sobre todo, detalla las diversas variables que influyen en la capacidad productiva y los niveles de ingreso rurales, tales como la educación —que resulta de baja calidad, sobre todo en lugares inaccesibles—, la tecnología —cuyo uso agrícola es de baja productividad, debido, probablemente, a la enorme diversidad ecológica de la selva y la sierra, sumada a las difíciles condiciones del terreno en comparación con la geografía homogénea de la costa—, la salud —cuya cobertura es menor en zonas alejadas de la sierra y la selva, principalmente—, el capital social —que es limitado, posiblemente debido a la mayor presencia que adquieren las asociaciones de productores, los municipios u otras formas modernas de capital social para compensar la insuficiente capacidad de modernizarse por parte de las comunidades—, el capital productivo privado —como la tenencia de tierra agrícola, animales, equipamiento y bienes productivos para actividades no agrícolas—, y la infraestructura y los servicios públicos —sobre todo los de transporte y comunicaciones, que ofrecen dinámicas favorables para la inversión—.

En esencia, el autor destaca la correlación negativa entre productividad y grado de dispersión de la población, entendida esta última como el nivel de alejamiento o aislamiento de las poblaciones, agravado por la insuficiente infraestructura —de transporte, comunicaciones, etcétera— en las zonas rurales. La distancia tiene relación directa con el costo de realizar transacciones comerciales y de proveer servicios públicos. Los costos son afectados no solo por los kilómetros y horas que separan a los productores de sus proveedores y clientes, sino también por la calidad y seguridad de las vías de transporte, las distancias verticales, la confiabilidad y

regularidad para el uso de la vía, así como la disponibilidad de vehículos. En otras palabras, la menor conectividad está relacionada con el menor desarrollo productivo de las comunidades más alejadas. Al respecto, Cotlear (1989)[4] sugirió que la cercanía a los mercados es un determinante poderoso del grado de integración al mercado, del uso de insumos modernos, de la obtención de mejores precios por los productos agrícolas y, finalmente, del nivel de ingreso familiar. En años posteriores, Escobal y Ponce (2012) ratificaron la conclusión de Cotlear, al cuantificar el papel dinamizador del acceso a los mercados. Lo hicieron comparando los cambios socioeconómicos experimentados en una región «moderna» —la comunidad de Yanamarca, casi a una hora de Huancayo— y otra región «tradicional» —la comunidad de Pomacanchi, más aislada, al sur del Cusco—. Los autores encontraron que, gracias al acceso vial disponible, dichos cambios socioeconómicos fueron sustanciales en la región moderna, con fuertes incrementos tanto en el acceso a servicios como en el tamaño de los mercados urbanos cercanos.

Con respecto a la dotación de vías, Fort y Aragón (2006) encuentran que la construcción y el mantenimiento de caminos rurales tienen efectos positivos, pero poco significativos, mientras que Escobal y Ponce (2002) hallan resultados más auspiciosos, pues registran una reducción del 30% en el tiempo de viaje, un aumento del 132% en el tráfico de autos, una reducción del 77% en el precio de los pasajes y del 44% en los gastos de mantenimiento de los vehículos, así como mejoras significativas en el acceso a la educación y la salud. Sin embargo, no resaltan efectos significativos sobre la producción agrícola y la pobreza.

Por otro lado, Valdivia (2010) evaluó el impacto socioeconómico, institucional y ambiental de las intervenciones de rehabilitación y mantenimiento de caminos rurales por parte de Provías Descentralizado, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), durante el periodo 1998-2006, y concluyó que, para que dichas intervenciones generen cambios en la actividad agropecuaria, el ingreso y la pobreza de los hogares, es necesario el desarrollo de procesos de cambio más integrales, que potencien las posibilidades que tienen los hogares de aprovechar las ventajas de las mejoras en la conectividad de los centros poblados involucrados. Asimismo, sostiene que los beneficios potenciales de los caminos se refuerzan en la medida en que estén condicionados a la presencia complementaria de otras formas de inversión.

1.3. Conclusiones de la literatura revisada

En general, la literatura revisada afirma y evidencia, en la mayoría de los casos, que la dotación de carreteras —incluso su mantenimiento y/o mejora— puede crear oportunidades para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza mediante diversos mecanismos: la reducción de costos del transporte, el mayor acceso a mercados y a tecnología, la expansión de la producción agrícola y no agrícola, y el mayor acceso a insumos. Asimismo, en el nivel de hogar, el desarrollo de la infraestructura de vías contribuye a incrementar la productividad, los ingresos, las condiciones de salud y el acceso a la educación. Estos mecanismos, que se muestran en los gráficos

[4] Citado por Webb (2013).

1 y 2, han sido materia de diversas estimaciones econométricas —con estrategias de identificación que utilizan métodos de *propensity score matching,* diferencias en diferencias y variables instrumentales— y, en general, estas comprenden el uso de datos de sección cruzada y de panel, a nivel de regiones geográficas específicas.

Se considera que la investigación generará una contribución metodológica a la literatura local, en particular debido a la estrategia de identificación utilizada, que permitirá probar la causalidad de la dotación de infraestructura sobre variables socioeconómicas importantes, a partir de los avances recientes de Faber (2013), Banerjee y otros (2012), y Martincus y otros (2013), quienes han utilizado variables instrumentales.

En efecto, desde el punto de vista metodológico, los estudios de Webb (2013), Escobal y Torero (2002 y 2012), y Torero y Escobal (2004), son de naturaleza principalmente correlacional; esto es, toman la existencia de infraestructura vial como un determinante más, entre otros, de las variables agrícolas consideradas, sin atender el problema de endogeneidad asociado a la dotación espacial de infraestructura vial. Ciertamente, esta es una limitación metodológica no menor, pues la endogeneidad —derivada de la asignación no aleatoria de la dotación y/o rehabilitación y/o mantenimiento de caminos— debe influir (sesgar) en la magnitud y dirección de los parámetros encontrados en dichos estudios.

Por otro lado, Escobal y Ponce (2002), si bien abordan la endogeneidad en un marco más causal, solo atienden el problema de selección sobre observables mediante un estimador de *matching.* Hay que reconocer, no obstante, que la endogeneidad de la dotación de infraestructura debe responder, en gran medida, a factores no observables, tales como las decisiones de los gobiernos en sus diferentes instancias: central, regional y local. En ese sentido, el estudio de Valdivia (2010) sí atiende este problema, utilizando un estimador de diferencias en diferencias que, de alguna forma, aborda la endogeneidad. Sin embargo, el periodo de evaluación es de apenas dos años posteriores a la construcción de las vías, lapso que —como reconoce el propio autor— puede resultar muy breve para detectar impactos. Adicionalmente, estos estudios utilizan información muestral —que además es reducida— de los espacios en los que Provías interviene, que difícilmente pueden ser representativos del resto del país. En el caso del presente estudio, se utilizan datos censales.

La última ventaja del presente estudio, con respecto a los anteriores, es que utiliza una definición de dotación vial más extensa y, a nuestro juicio, apropiada para evaluar integralmente la contribución de la infraestructura vial sobre la agricultura. Como se explicará más adelante, nuestra variable explicativa es la densidad vial de los distritos, medida como el ratio de la longitud total de caminos dentro del distrito sobre el área de este. Esta definición permite un acercamiento al verdadero acervo de vías vehiculares con el que cuentan los espacios, y posibilita su integración interdistrital, interprovincial e interdepartamental.

Capítulo 2
Datos y variables

2. DATOS Y VARIABLES

Las variables trabajadas para el presente informe parcial fueron generadas a partir de diversas fuentes, pero la principal es la base de datos del IV Censo Nacional Agropecuario levantado en el 2012 (CENAGRO 2012), con la que se construyeron indicadores de interés para evaluar el impacto de la conectividad vial en el desarrollo y bienestar de los productores de los diversos espacios rurales agrícolas. A estos datos se añadió la información de caminos vecinales proporcionada por el MTC, que cuenta con la red vial del país georreferenciada.

Por otro lado, también se tomaron datos del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1993 y del CENAGRO de 1994 para construir controles que se introdujeron en las regresiones. A estos se añadieron datos georreferenciados del programa Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para hacer cálculos sobre las características físicas de los terrenos en los distritos —principalmente altura y pendiente promedio—, así como información de los distritos con proyectos mineros a partir del *Mapa minero* 2013, disponible en la página web del Ministerio de Energía y Minas (MEM)[5]. De forma complementaria, se utilizó el *Informe de desarrollo humano distrital* 2013 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para los datos del ingreso per cápita, el índice de desarrollo humano y la identificación de las regiones naturales de pertenencia del país (costa, sierra y selva).

2.1. Tratamiento de las fuentes de información

Debido a que trabajaremos con información a nivel de distrito, todas las bases fueron agrupadas a este nivel.

En cuanto al tratamiento de la información vial, para calcular la longitud vial dentro de cada distrito se sumó la longitud de todas las vías al interior de esta unidad geográfica, considerando la orografía de los espacios. Para esto, se utilizó la información del relieve terrestre que se encuentra disponible en la página web de la Misión Topográfica Shuttle Radar (SRTM por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA por sus siglas en inglés)[6]. Con ambas fuentes, los cálculos se hicieron utilizando el *software* ArcGis. De este modo también se construyeron los indicadores de altitud promedio del distrito en metros sobre el nivel del mar (msnm), la inclinación promedio de las tierras y el área de cada distrito medida en metros cuadrados.

2.2. Variables

Como se indicó antes, la hipótesis por contrastar es que la mejora en la conexión rural en tiempos recientes, a partir de la inversión en infraestructura vial, ha posibilitado el desarrollo de la agricultura y el bienestar de los espacios que se han beneficiado con

[5] Disponible en <http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=449>.
[6] Disponible en <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. Sin embargo, los datos espaciales que se utilizan en este documento se extrajeron directamente del anexo estadístico de Dell (2010) disponible en formato *shape*.

dicha inversión. Para esto, siguiendo el modelo conceptual descrito en el gráfico 2, se ha considerado clasificar las variables sobre las cuales evaluar el impacto del modo que a continuación se describe;

- ***Efectos inmediatos.*** Son los relacionados con el resultado directo de la habilitación del camino, y sobre la base del censo se entenderá como el tiempo de traslado a la capital distrital. El supuesto es que el acceso a la capital refleja el grado de conexión a un mercado que, en ausencia de la vía, sería más restringido.

- ***Demanda de insumos.*** Si se observa el proceso productivo agrícola a partir de una función de producción, entonces es posible esperar que, ante el mayor acceso a mercados que resulta de la habilitación de caminos, los hogares respondan estratégicamente modificando su demanda óptima de insumos para alcanzar mayores niveles de eficiencia técnica y productividad. Estas variables serán aproximadas a partir de los siguientes indicadores:

  - Factor tierra: Superficie cultivada, proporción de tierras alquiladas.
  - Factor capital: Activos agropecuarios, tecnología de riego, uso de pesticidas.
  - Factor capital financiero: Acceso al crédito.
  - Factor trabajo: Demanda de trabajadores remunerados y familiares, y trabajo femenino.
  - Asociatividad: Pertenencia a cooperativas, comités, asociaciones agrícolas, etcétera.

- ***Variables de producción:*** La mejora en los procesos productivos que se deriva de la demanda de insumos debe modificar los resultados de la producción. Desafortunadamente, el CENAGRO 2012 no recoge los volúmenes producidos ni los valores de la producción, por lo cual se ha optado por aproximar estas variables a partir de los siguientes indicadores:

  - Proporción de la producción vendida.
  - Producción de cultivos de mayor demanda contemporánea (por ejemplo, hortalizas).

- ***Bienestar:*** En última instancia, los cambios en los resultados productivos, si son favorables, deberían impactar sobre los niveles de bienestar que la población experimenta. Por ello, estas variables serán aproximadas a partir de los siguientes indicadores:

  - Pobreza subjetiva
  - Ingreso per cápita
  - Índice de desarrollo humano (IDH)

La fuente de datos de las variables de efectos inmediatos demanda de insumos, variables de producción y pobreza subjetiva es el CENAGRO 2012. Estas variables son agregadas a nivel de distrito y también a nivel de los sectores de empadronamiento

agropecuario (SEA). La información acerca del ingreso per cápita y el IDH, en cambio, solo está definida a nivel de distrito, pues proviene del *Informe de desarrollo humano 2012* que el PNUD ha elaborado.

Las anteriores son las variables más importantes de la evaluación porque serán las variables de resultados (V_{id}) en las especificaciones econométricas que se mostrarán en la siguiente sección. Sin embargo, también se emplean otras variables, que serán utilizadas como regresores. Así, la primera será la densidad vial, medida como la longitud de las vías al interior de cada distrito dividida entre la superficie de este.

Adicionalmente, como ya fue mencionado, se utilizan regresores que aíslan la influencia de factores diferentes de las redes viales: los proyectos mineros existentes en el distrito, los datos de la altitud promedio de las zonas y la inclinación de las tierras, entre otros.

2.3. Estadística descriptiva

En el cuadro 1 se muestran los resultados de las variables provenientes de la base construida a partir de todas las fuentes consultadas, que serán utilizadas para la estimación del efecto de la dotación de infraestructura vial en el desarrollo agrario. Cabe mencionar que se anexa al presente informe un CD que contiene la programación y las bases de datos utilizadas en el *software* STATA 12 y ArcGis con estos resultados[7].

Cuadro 1
Resumen de la estadística descriptiva de las variables que se utilizarán

Descripción	Obs.	Costa		Sierra		Selva	
		Media	Desv. est.	Media	Desv. est.	Media	Desv. est.
Promedio de hectáreas que conduce un productor en el distrito	1784	19,4	56,0	32,3	79,5	33,1	90,3
Proporción (prop.) de habitantes del distrito	1783	0,7	0,1	0,7	0,1	0,8	0,1
Edad promedio del productor	1783	55,3	3,8	52,3	4,3	45,5	4,1
Prop. de productores que no tienen ningún nivel de educación	1783	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Prop. con inicial	1783	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prop. con primaria incompleta	1783	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
Prop. con primaria completa	1783	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1
Prop. con secundaria incompleta	1783	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Prop. con secundaria completa	1783	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Prop. con superior no universitaria incompleta	1783	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

[7] Se remite dicha información en un CD debido al elevado peso de las bases de datos trabajadas.

Descripción	Obs.	Costa		Sierra		Selva	
		Media	Desv. est	Media	Desv. est	Media	Desv. est
Prop. con superior no universitaria completa	1783	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Prop. con superior universitaria incompleta	1783	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prop. con superior universitaria completa	1783	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Prop. con lengua materna quechua	1783	0,1	0,1	0,4	0,4	0,1	0,3
Prop. con lengua materna aimara	1783	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0
Prop. con lengua materna ashaninka	1783	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Prop. con otra lengua materna	1783	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
Prop. con lengua materna castellano	1783	0,9	0,1	0,5	0,4	0,8	0,3
Prop. con lengua materna extranjera	1783	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prom. de cultivos de cada unidad agropecuaria (UA) en el distrito	1784	3,3	2,3	4,4	1,8	3,2	0,7
Prom. de parcelas de cada UA en el distrito	1784	2,3	1,9	3,7	2,4	1,8	0,7
Hectáreas cultivadas	1784	3160	4506	1279	2418	5148	6993
Venta: total de cultivos del distrito	1784	1295	1618	647	1091	2326	2884
Autoconsumo: total de cultivos del distrito	1784	140	252	1583	2 795	1068	1363
Autoinsumo: total de cultivos del distrito	1784	25	79	35	208	39	78
Alimento para sus animales: total de cultivos del distrito	1784	106	262	409	943	325	410
En el distrito se desarrolla la minería	1784	0,1	0,3	0,1	0,3	0	0,2
Población estimada en el 2012	1779	45 009	94 954	7 355	17 191	14 225	20 457
IDH 2012	1779	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
Esperanza de vida al nacer	1779	76,8	3,3	71,4	5,5	73	3,9
Población con educación secundaria completa	1779	64	15	45	22	31	16
Años de educación (población a partir de los 25 años de edad)	1779	9	2	6	2	6	1
Ingreso familiar per cápita	1779	644	228	313	202	380	209

Descripción	Obs.	Costa		Sierra		Selva	
		Media	Desv. est	Media	Desv. est	Media	Desv. est
Vías asfaltadas en kilómetros	1768	17 632	21 202	3615	10 357	3725	10 706
Vías sin afirmar en kilómetros	1768	4758	11 573	7290	14 113	6737	14 942
Trochas carrozables en kilómetros	1768	21 903	29 199	15 945	20 392	13 659	24 003
Vías en construcción en kilómetros	1768	0	0	37,1	655,1	0	0
Área promedio del distrito en kilómetros cuadrados	1768	461	677	289	343	2245	4526
Altura promedio del distrito en metros	1766	541	538	3560	673	1388	994
Pendiente promedio del distrito en grados	1766	3,7	3	7,8	3,5	6,1	4,4

Fuentes: Cenagro 2012, MTC y NASA.
Elaboración propia.

©Michell León/PDSN

Capítulo 03
Metodología

3. METODOLOGÍA

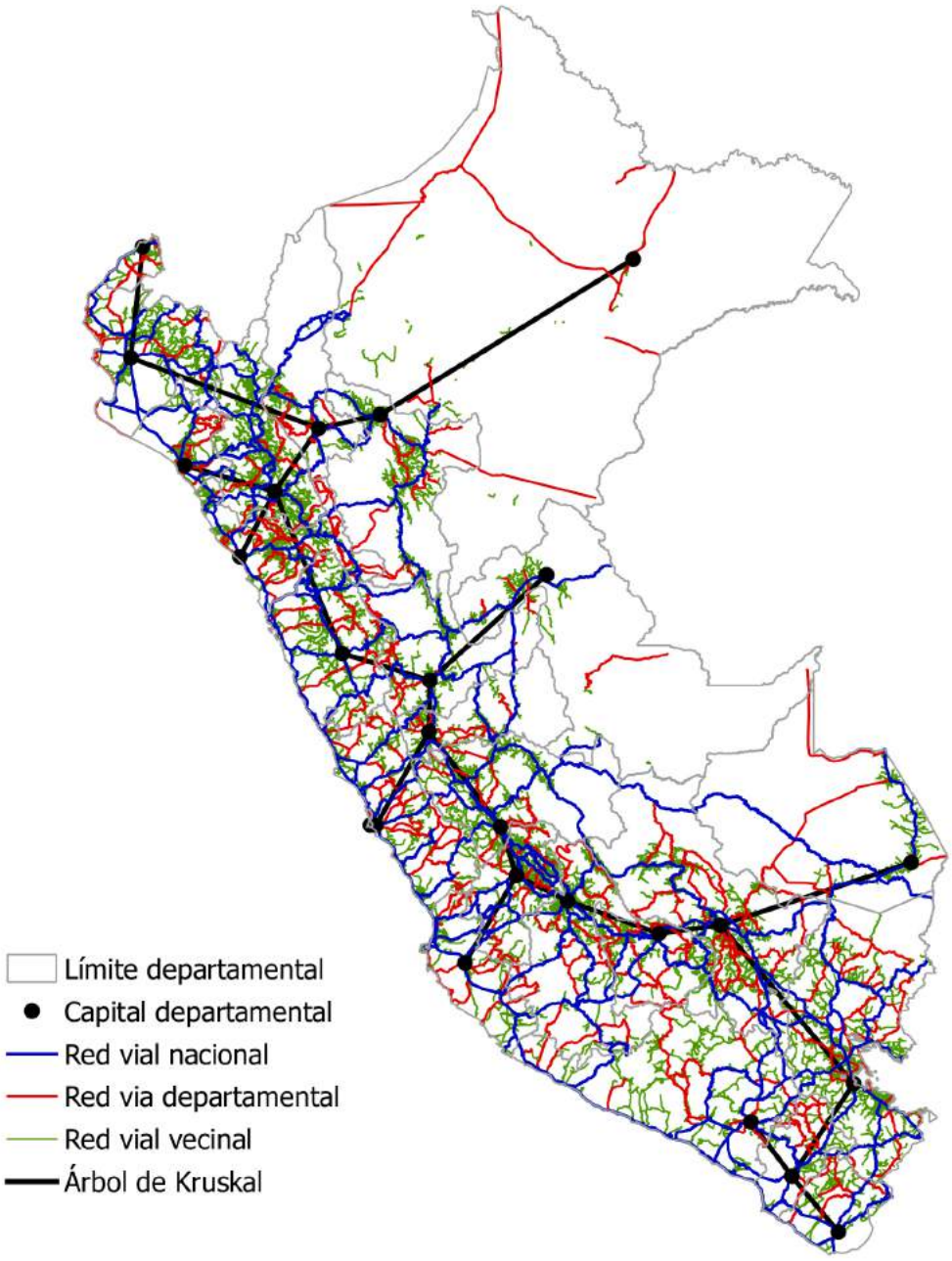
3.1. Estrategia empírica

En este estudio, proponemos adoptar una estrategia empírica inspirada en lo realizado, básicamente, por Faber (2013), Banerjee y otros (2012), y Martincus y otros (2012), quienes utilizan un estimador de variables instrumentales (VI) y explotan como fuente de exogeneidad rectas euclidianas que conectarían los espacios si el relieve terrestre fuera completamente plano. En particular, la estrategia de estos autores pasa por observar si el objetivo de la dotación de infraestructura vial conecta ciudades principales; esto es, nodos con alta concentración poblacional o alguna otra característica que les confiera importancia particular. Luego, si la topografía fuera plana y no hubiera restricciones a ningún trazo deseable de las vías, entonces el recorrido más corto de una carretera —o de cualquier otra vía— debería seguir una recta euclidiana entre cada par de puntos, de modo que el recorrido para conectar cada ciudad sea mínimo, pero a la vez eficiente, en el sentido de que implique construir un número limitado de vías. Sin embargo, ello no es posible debido a que el trazo efectivo está condicionado por las características del relieve, las condiciones de los suelos y otros factores que influyen en la viabilidad de la construcción de la infraestructura. Empero, en definitiva, una recta euclidiana debe ser un trazo referencial en torno al cual tiene que realizarse el trazo efectivo. En consecuencia, este trazo referencial puede ser utilizado como instrumento para modelar el trazo efectivo.

A partir de este punto, utilizando *software* ArcGis se estimó la distancia mínima entre los centroides de las unidades geográficas de análisis —los distritos— y el punto más cercano al trazo.

El mapa 1 permite observar el árbol de rectas directrices que unen capitales departamentales construidas en todo el espacio del Perú (las rectas negras). Además, se grafican las vías nacionales (en azul), departamentales (en rojo) y locales (en verde). Claramente, el gráfico muestra que la mayor concentración de vías ocurre en torno a las rectas directrices. Esto será testeado en forma empírica posteriormente.

Mapa 1
Árbol de distancias mínimas entre departamentos y red vial



Fuente: elaboración propia

Luego, en las estimaciones, este instrumento fue utilizado para calcular la siguiente primera etapa del estimador de VI.

$$V_{id}=\alpha+\delta lnR_{id}+X'_{id}\eta+\omega_r+e_{id} \qquad (1)$$

Donde V_{id} mide la densidad vial en la unidad geográfica de análisis i del departamento d, lnR_{id} es el logaritmo de la distancia entre el centroide del distrito $\boldsymbol{i}$ y el punto más cercano del árbol, X_{id} es el conjunto de controles que varían a nivel de unidad geográfica i o departamento, $\boldsymbol{\omega_r}$ son efectos fijos a nivel de región natural —las ocho regiones propuestas por Javier Pulgar Vidal en 1938—, $\boldsymbol{e_{id}}$ es el término de error, y $\boldsymbol{\alpha,\delta,\eta}$ y $\boldsymbol{\omega}$ son parámetros por estimar. Posteriormente, a partir de la ecuación anterior, ajustaremos los valores de $\boldsymbol{V_{id}}$ para introducirlos en la segunda etapa del estimador, dada por la siguiente regresión:

$$A_{id}=\gamma+\beta\hat{V}_{id}+X_{id}\,\phi+\omega_r+u_{id} \qquad (2)$$

Donde $\boldsymbol{A_{id}}$ es la variable de resultado agrícola de interés, y $\boldsymbol{\beta,\tau}$ y $\boldsymbol{\phi}$ son parámetros por estimar. De todos estos, $\boldsymbol{\beta}$ es el más importante, porque recoge el efecto causal de la conectividad vial sobre la variable de interés.

La unidad de observación con la cual se realicen las estimaciones será el distrito. Como se verá en breve, esto permitirá complementar la información del CENAGRO 2012 con la de otras fuentes —como la información del PNUD—, para ampliar la dimensión de análisis del estudio.

Dada la metodología, para que en la ecuación 2 el parámetro $\boldsymbol{\beta}$ sea consistente, es necesario que se sostengan dos supuestos (Wooldridge 2010, cap. 5). El primero es el supuesto de relevancia, que exige que $\boldsymbol{lnR_{id}}$ esté correlacionado fuertemente con $\boldsymbol{V_{id}}$. Es decir, en el caso actual, que la cercanía de un distrito a las rectas del árbol euclidiano permita predecir la densidad vial existente. Este supuesto puede ser testeado empíricamente mediante la ecuación 1 anterior. El segundo supuesto, llamado de exclusión, exige que las rectas del árbol euclidiano no estén correlacionadas directamente con el residuo de la ecuación 2. Es decir, el único canal por el cual este instrumento debería afectar a las variables de resultado agrícola es mediante la dotación de infraestructura vial.

Este segundo supuesto es de identificación, por lo cual no puede ser testeado directamente. Sin embargo, podría ser violado si los distritos ubicados a lo largo de las rectas del árbol euclidiano presentaran sistemáticamente características más favorables para el desarrollo agrícola y/o económico. Por ello, para controlar por esta posibilidad, en el *set* de regresores $\boldsymbol{X_{id}}$ se introducirán características de las unidades geográficas que las hacen más amigables para la agricultura —como la inclinación y la altura promedio de las tierras—, así como características que midan la dotación de capital humano de la población, como el número de personas que han alcanzado

diferentes niveles educativos. Adicionalmente, dado que los distritos que estén más próximos a las ciudades nodos se considerarán mecánicamente más conectados, y a su vez más prósperos, se excluirá del análisis a aquellos que caigan dentro de un radio de 50 kilómetros de estos puntos[8].

[8] Faber (2013) adopta esta misma estrategia.

Capítulo 4
Resultados

4. RESULTADOS

4.1. Delimitación de la muestra

Como se indicó, durante las estimaciones se dejaron de lado aquellos distritos que se encontraran a 50 kilómetros o menos de las capitales de los departamentos, pues en estos espacios monótonamente la densidad vial es mayor que en el resto de los distritos, debido a que son las grandes ciudades urbanas de los departamentos. En el mapa 2, se han pintado de naranja los distritos que fueron dejados de lado de la muestra estimable por esta razón. En conjunto, suman 640 distritos, por lo cual la muestra máxima utilizable es de 1194 distritos.

Mapa 2
Muestra de distritos estimable

Fuente: elaboración propia

4.2. Correlación del instrumento

Inicialmente, analizamos las características del instrumento y su correlación con diversos factores que podrían explicar los resultados agrícolas de los distritos. Como se indicó líneas antes, un supuesto de variables instrumentales es que el instrumento debe afectar las variables de resultado agrícola solo mediante la medida de densidad vial, y no de modo directo o por medio de otras variables. Sin embargo, en el contexto actual de evaluación este es un supuesto que podría violarse. Por cierto, la población no está aleatoriamente asentada en el espacio, sino más bien estratégicamente distribuida en función de expectativas y posibilidades de aprovechar las oportunidades que este ofrezca (van de Walle 2009). Para observar esto, en el cuadro 2 se presentan sendas regresiones que evalúan la correlación del instrumento con un conjunto de regresores de 1993 y/o variables invariantes en el tiempo. Como se aprecia, los hogares más alejados de las líneas del árbol de Kruskal tienen claramente mayor presencia de minería, menor proporción de población con educación secundaria o superior, mayor proporción de población que laboraba en el sector agrícola, menores tamaños poblaciones y tierras con menor pendiente. Esto ocurre tanto cuando se evalúa todo el Perú como cuando se evalúa solo la sierra.

Una variable particularmente relevante es aquella que revela la antigüedad del distrito. Esta variable es significativa en la regresión y está negativamente correlacionada con el instrumento. Esto significa que las ciudades más próximas a las rectas euclidianas de conexión, entre las capitales departamentales, son también las más antiguas, lo cual revela un patrón de asentamiento de las ciudades más antiguas en torno a las vías de conexión interdepartamental. Luego, dado que estas ciudades deben ser también las más desarrolladas —o con mejores resultados agrícolas—, entonces el instrumento podría estar correlacionado directamente con los resultados agrícolas. Para controlar por esta amenaza potencial, en todas las regresiones se controlará por la antigüedad de los distritos.

Adicionalmente, es razonable esperar que los resultados varíen en función de la región natural de la cual formen parte los distritos. Por ello, en todas las regresiones se incluirán efectos fijos a nivel de las ocho regiones naturales identificadas por Javier Pulgar Vidal (1938).

Cuadro 2
Correlación del instrumento con diversos regresores

Variables de control	(1) Nacional	(2) Sierra
Porcentaje de la población rural en 1993	-0,0098 (0,1147)	0,2907* (0,1576)
Porcentaje de la población con lengua materna nativa en 1993	-0,0004 (0,0010)	0,0249 (0,0245)
Porcentaje de la población con educación secundaria o más en 1993	-0,0000 (0,0002)	-0,0002 (0,0001)
Porcentaje de la población que pertenecía al sector agrícola en 1993	0,0048 (0,0047)	0,0039 (0,0057)
Ln [población en 1993]	-0,1645*** (0,0335)	-0,2629*** (0,0493)
Gradiente de la tierra	-0,0289*** (0,0103)	-0,0380*** (0,0133)
Altura (metros de altitud)	0,0000 (0,0001)	-0,0000 (0,0001)
1 = distrito con minería	0,2160*** (0,0835)	0,2010** (0,0927)
Ln [superficie cultivada en 1993]	-0,0258 (0,0285)	-0,0468 (0,0417)
Año de fundación del distrito	0,0015*** (0,0006)	0,0028*** (0,0007)
Constante	12,2708*** (0,3624)	13,2069*** (0,5514)
Obs. R^2	1,102 0,117	760 0,079

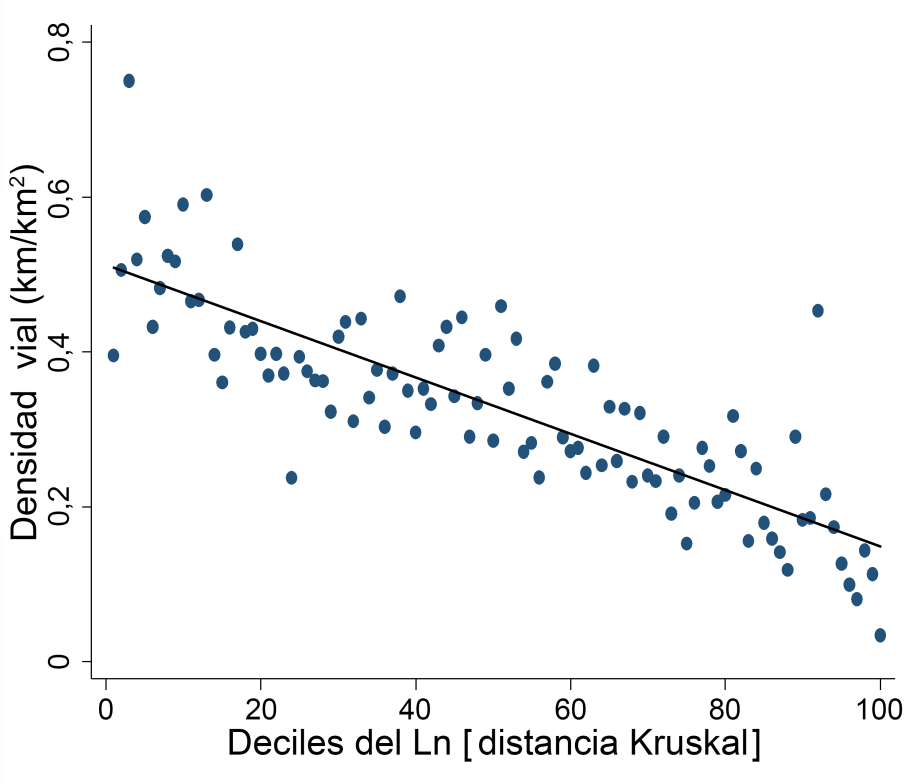
Errores estándar robustos entre paréntesis. ***p < 0,01, **p < 0,05, *p < 0,1.
Nota: Todas las regresiones controlan por efectos fijos a nivel de región natural.

4.3. Primera etapa

El supuesto de relevancia del estimador de variables instrumentales exige que el instrumento esté correlacionado con el regresor endógeno. En este caso particular, ello significa que la distancia entre el distrito y la recta más próxima del árbol de Kruskal debería ser un buen predictor de la densidad vial a nivel de distrito. El gráfico 3 parece confirmar esta propiedad. Claramente, en el gráfico se aprecia que los distritos más distantes de las rectas de proyección de Kruskal registran una menor densidad vial, mientras que los más cercanos tienen más kilómetros de vías por kilómetro cuadrado de superficie del distrito.

Esto mismo se confirma, luego de estimar la ecuación (1), en los resultados del cuadro 3. En este cuadro, se aprecia con claridad que el coeficiente estimado de la regresión 1 es estadísticamente significativo al 1% y tiene una magnitud de alrededor de -0,05 para el total nacional y de -0,06 para la sierra, ambos robustos a la inclusión de controles geográficos (columna 2), de población (columna 3) y de minería (columna 4). Más aún, en ambas regresiones se aprecia que el F estadístico es superior de 10, lo que indica que el modelo no adolecerá de un problema de instrumento débil.

Gráfico 3
Instrumento versus densidad vial



Cuadro 3
Resultados de las estimaciones de la primera etapa (mínimos cuadrados ordinarios)

Variables de control	(1)	(2)	(3)	(4)
a) Total nacional				
Ln [Kruskal]	-0,0592*** (0,0073)	-0,0578*** (0,0074)	-0,0538*** (0,0076)	-0,0529*** (0,0076)
Observaciones R^2 F-stat	1,175 0,117 20,48	1,153 0,132 16,34	1,102 0,158 15,67	1,102 0,160 15,43
b) Sierra del Perú				
Ln [Kruskal]	-0,0676*** (0,0088)	-0,0644*** (0,0088)	-0,0605*** (0,0093)	-0,0595*** (0,0093)
Observaciones R^2 F-stat	806 0,109 19,58	798 0,124 14,55	760 0,152 11,82	760 0,155 11,94
Variables geográficas Variables de población Minería	No No No	Sí No No	Sí Sí No	Sí Sí Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. ***p < 0,01, **p < 0,05, *p < 0,1.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito —desde su año de fundación— y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal.
Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994.
Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

4.4. Segunda etapa

En este acápite, se presentan los resultados de las estimaciones de la ecuación (2) —utilizando como instrumento los resultados del acápite anterior— para, en primer lugar, medir los impactos finales —en variables de producción y bienestar— y verificar su robustez —realizando pruebas de falsificación—; y, en segundo lugar, analizar qué mecanismos intermedios podrían explicarlos.

A. IMPACTOS FINALES
a) Variables de producción
Destino de la producción

Los resultados de las estimaciones para la variable dependiente *destino de la producción* se muestran en el cuadro 4. Para esto, la variable está medida como la proporción de las hectáreas cultivadas cuyo destino es mayormente la venta, el autoconsumo, el autoinsumo o el alimento para animales. De este modo,

los coeficientes estimados miden la proporción en que la superficie producida cambiaría por un incremento marginal en la densidad vial (más adelante se hace una interpretación de esto).

En el cuadro 4, la primera y sexta columnas muestran los resultados estimados por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para el total del país y solo para la sierra, respectivamente, mientras que las columnas restantes muestran las regresiones estimadas por variables instrumentales. En principio, la observación que vale la pena realizar es que MCO subestima el impacto de la conexión vial sobre las ventas agrícolas, pero sobrestima el impacto sobre las demás variables. Teóricamente, el sesgo negativo de MCO podría explicarse porque las variables no observables estuvieran correlacionadas negativamente con la dotación de caminos, y positivamente con las ventas al mercado; o viceversa: si las variables no observables estuvieran correlacionadas positivamente con la dotación de caminos, pero negativamente con el acceso al mercado.

Las columnas (2) y (7) muestran los resultados base para las estimaciones por variables instrumentales para el total nacional y la sierra, respectivamente. Estas regresiones solo controlan por la antigüedad de la ciudad y los efectos fijos de las regiones naturales de Javier Pulgar Vidal. Los coeficientes indican que la dotación de carreteras permite a los distritos incrementar la proporción de ventas y reducir la superficie cuya producción se destina a usos alternativos. Es decir, al parecer la dotación de vías ha logrado articular adecuadamente la producción agrícola con los mercados, en particular en la sierra del país, que es donde los parámetros estimados presentan una magnitud levemente mayor. Esto guarda correspondencia con las afirmaciones de Webb (2013).

Los resultados de las columnas (2) y (7) son sugerentes y parecen ir en línea con lo afirmado por Webb (2013). Sin embargo, podrían estar afectados por la existencia de variables iniciales que influyan en los resultados. Para controlar por esta posibilidad, añadimos a las regresiones algunas características físicas de los terrenos, como la pendiente de los suelos y la altitud promedio, para capturar vocaciones productivas de la tierra. Los resultados, que se muestran en las columnas (3) y (8), respectivamente, permanecen con escasa variación.

Los resultados también podrían explicarse por diferencias iniciales en las características de la población que den cuenta de la vocación agrícola y/o la mayor disposición a acceder al mercado. Para controlar por esta posibilidad, añadimos regresores que capturaron el porcentaje, para el año 1993, de población rural; de población rural con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica; el porcentaje de población con educación secundaria o superior; el porcentaje de población ocupada en el agro y el logaritmo de la población, esta última para controlar por la dotación inicial de la fuerza laboral. Los resultados se muestran en las columnas (4) y (9). Como se aprecia, los parámetros sufren pequeñas variaciones, pero se mantienen en magnitud y dirección similar.

Finalmente, en tiempos recientes la minería se ha tornado en una actividad sumamente influyente sobre la actividad agrícola (Zegarra y otros 2007). Por ello, para tomar en cuenta su influencia, añadimos como control una variable *dummy* que toma el valor de 1 para aquellos distritos que tenían actividad minera vigente en el 2014. Los resultados se muestran en las columnas (5) y (10), y evidencian que la inclusión de esta variable no los cambia mayormente.

Por otro lado, el cuadro 4 también muestra los resultados en otras variables de destino de la producción. Claramente, el incremento de la proporción de tierras cuya producción se destina a las ventas se produce a costa de una reducción sobre todo del autoconsumo. Adicionalmente, sin embargo, también se observa una reducción del autoinsumo. No se aprecian impactos en el nivel de alimento para animales.

Producción (valor bruto de la producción y diversificación agrícola)

La proporción de ventas es una variable intermedia en el modelo causal propuesto en la sección 2. Existen, sin embargo, variables finales que vale la pena explorar. Para esto, el cuadro 5 muestra los resultados de las estimaciones para el logaritmo del valor bruto de la producción agrícola del 2009. Este indicador fue construido sobre la base de información proveniente del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) y corresponde al estimado preliminar que esta institución realiza para todos los distritos del país, antes de su agregación a nivel regional y nacional.

Los resultados muestran que el impacto de la infraestructura vial sobre el valor bruto de la producción (VBP) agrícola es positivo, tanto evaluado a partir de la estimación por MCO como por la estimación de variables instrumentales base (columnas 1, 2, 6 y 7). Sin embargo, el parámetro no resulta robusto a la inclusión de las variables de control consideradas. De este modo, la evidencia no es concluyente con respecto al efecto de la dotación de caminos sobre la producción agrícola.

Por otro lado, hemos considerado como variable adicional un indicador de la diversificación de la producción, medido como el índice entropía $E=-\sum_{j=1}^{n} w_j * ln(w_j)$, donde w_j es la participación del producto j en la superficie total cultivada (ver Foster y Jara 2005). Los impactos sobre esta variable son más auspiciosos que respecto a la anterior, pues si bien los parámetros registran alta variabilidad a la inclusión de variables, resultan significativos para todas las especificaciones, en particular en la muestra de la sierra.

Bienestar

En el cuadro 6, se presentan los resultados de las estimaciones para el período sobre variables de bienestar. Se han considerado cuatro variables que intentan

aproximar esta dimensión; las dos primeras han sido extraídas del *Reporte de desarrollo humano* del PNUD: a) el IDH del 2013, b) el logaritmo del ingreso per cápita 2013, c) la proporción de hogares cuyos miembros consideran que la actividad agrícola les proporciona suficientes ingresos para cubrir sus gastos y d) la proporción de hogares cuyos miembros dejan de trabajar en su UA para conseguir ingresos en otras ocupaciones.

Sobre estas variables, los parámetros parecen señalar que los impactos son reducidos y, cuando ocurren, se concentran principalmente en la sierra. Cuando las estimaciones se hacen a nivel de todo el país, los resultados son estadísticamente nulos. En la sierra, en cambio, los impactos se producen a nivel del IDH y el logaritmo del ingreso per cápita, pero los resultados no son completamente robustos a la inclusión de todos los regresores considerados. De este modo, los parámetros parecen evidenciar síntomas que van en línea con los hallazgos en materia de ventas.

Cuadro 4
Destino de la producción

Variables dependientes	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Ventas	0,163*** (0,031) 0,501	0,362*** (0,135) 0,482	0,322** (0,139) 0,493	0,379** (0,157) 0,512	0,381** (0,160) 0,511	0,170*** (0,040) 0,234	0,396*** (0,141) 0,200	0,387** (0,152) 0,215	0,400** (0,169) 0,265	0,404** (0,172) 0,263
Autoconsumo	0,019 (0,031) 0,315	-0,271** (0,138) 0,264	-0,334** (0,144) 0,248	-0,414*** (0,160) 0,289	-0,424*** (0,164) 0,285	0,069 (0,043) 0,094	-0,244* (0,146) 0,033	-0,404** (0,161)	-0,458** (0,181) 0,059	-0,474** (0,186) 0,052
Autoinsumo	-0,010** (0,005) 0,030	-0,056** (0,027) -	-0,066** (0,029) -	-0,078** (0,035) -	-0,077** (0,036) -	-0,009* (0,005) 0,017	-0,040* (0,022) -	-0,044* (0,024) -	-0,053* (0,029) -	-0,052* (0,029) -
Alimento para animales	-0,172*** (0,022) 0,213	-0,034 (0,131) 0,195	0,078 (0,137) 0,194	0,112 (0,146) 0,228	0,120 (0,149) 0,225	-0,230*** (0,028) 0,197	-0,112 (0,137) 0,185	0,060 (0,148) 0,193	0,111 (0,159) 0,226	0,123 (0,163) 0,223
Observaciones	1155	1155	1140	1090	1090	796	796	790	753	753
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Minería	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, *$p < 0,1$. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 5
Producción (impacto sobre VBP y diversificación agrícola)

Variables	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Índice de diversificación	0,121** (0,062)	0,898*** (0,295)	0,438 (0,277)	0,403 (0,283)	0,395 (0,289)	0,180** (0,070)	1,035*** (0,298)	0,520* (0,279)	0,578** (0,282)	0,554* (0,288)
R^2	0,068	-	0,149	0,199	0,200	0,093	-	0,193	0,228	0,235
Observaciones	1155	1155	1140	1090	1090	796	796	790	753	753
Ln [VBP agrícola 2009]	0,375** (0,150)	2,013*** (0,704)	-0,142 (0,494)	-0,433 (0,560)	-0,552 (0,568)	0,547*** (0,174)	2,100*** (0,649)	0,045 (0,405)	-0,366 (0,462)	-0,446 (0,467)
R^2	0,251	0,183	0,634	0,636	0,636	0,146	0,065	0,573	0,583	0,584
Observaciones	1151	1151	1139	1088	1088	794	794	789	751	751
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Capacitación y minería	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 6
Impacto sobre variables de bienestar

Variables dependientes	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
IDH	0,006 (0,010)	-0,079 (0,050)	-0,019 (0,050)	-0,062 (0,049)	-0,042 (0,049)	0,006 (0,010)	0,004 (0,048)	0,091* (0,053)	0,030 (0,049)	0,048 (0,050)
Observaciones	1175	1175	1153	1102	1102	1175	806	798	760	760
Ln [Ingreso per cápita]	0,019 (0,055)	-0,023 (0,253)	0,232 (0,263)	0,125 (0,269)	0,249 (0,269)	0,019 (0,055)	0,297 (0,262)	0,647** (0,291)	0,411 (0,296)	0,526* (0,298)
Observaciones	1175	1175	1153	1102	1102	1175	806	798	760	760
Suficiencia de los ingresos agrícolas	0,025 (0,019)	0,083 (0,067)	0,012 (0,068)	0,025 (0,079)	0,024 (0,080)	0,025 (0,019)	0,075 (0,067)	0,013 (0,070)	-0,003 (0,080)	0,002 (0,082)
Observaciones	1167	1167	1149	1098	1098	1167	806	798	760	760
Diversificación de empleo	-0,010 (0,024)	-0,095 (0,094)	-0,004 (0,098)	-0,000 (0,107)	0,008 (0,109)	-0,010 (0,024)	-0,135 (0,095)	-0,037 (0,102)	-0,082 (0,110)	-0,082 (0,113)
Observaciones	1167	1167	1149	1098	1098	1167	806	798	760	760
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Capacitación y minería	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el número de observaciones en cada regresión.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

b) Pruebas de robustez

Dado el diseño de variables instrumentales, si el instrumento fuera válido, entonces debería estar vinculado a las variables dependientes solo a través de la densidad vial y no de modo directo, y la relación debería ser fuerte y manifestarse incluso en las formas reducidas; es decir, en las regresiones que vinculen directamente las variables de resultado con la variable instrumental. Para verificar esto, en el cuadro 7 se han estimado las formas reducidas de algunas variables analizadas.

Para interpretar los parámetros, y verificar que respaldan las estimaciones realizadas en las tablas precedentes, resulta necesario recordar que el instrumento está vinculado negativamente con la densidad vial: a mayor lejanía de los distritos con respecto a las rectas del árbol de Kruskal, menor densidad vial. Esto ha sido constatado empíricamente en el cuadro 3. A partir de esto, si la forma estructural muestra una relación positiva entre la densidad vial y la variable dependiente, entonces la relación entre el instrumento y la variable dependiente debería ser negativa. De acuerdo con el cuadro 7, este argumento se valida largamente en el caso de variables para las cuales se estimaron impactos significativos. Así, la proporción de ventas está negativamente correlacionada con el instrumento, pero positivamente con el autoconsumo y el autoinsumo. Esto ocurre tanto en las estimaciones con la muestra nacional como en aquellas con la muestra de sierra.

Adicionalmente, en la muestra de sierra se observa que el instrumento está negativamente correlacionado con el índice de diversificación y con el ingreso per cápita. Estos resultados validan las estimaciones de los cuadros 3 al 6 y otorgan mayores elementos de juicio para atribuir causalidad a las relaciones encontradas.

c) Efectos heterogéneos

Los resultados anteriores (cuadros 3 al 6) muestran impactos promedio en el nivel del país o la sierra. Sin embargo, es razonable esperar que los impactos hayan operado también heterogéneamente a partir de dimensiones que reflejen la capacidad de los agricultores de aprovechar las oportunidades que trae consigo la dotación de vías. Por ello, hicimos esfuerzos por detectar impactos heterogéneos en función de la escala de operaciones de las unidades agrícolas, medida a partir del tamaño de las tierras explotadas. De este modo, clasificamos a la población en tres grupos: pequeños agricultores, constituido por todos los que tienen menos de 5 hectáreas de explotación; medianos agricultores, aquellos cuyo terreno de explotación es de 5 a 20 hectáreas; y grandes agricultores, los que cuentan con un terreno de explotación que supera las 20 hectáreas. Luego, calculamos la distribución del terreno cultivado según el destino de la producción —ventas, autoinsumo, autoconsumo o alimento para animales— para cada distrito, dentro de las tres categorías de productores mencionadas. Los resultados se muestran en el cuadro 8. Como se aprecia, parece que hubo impactos en los tres grupos de productores, pero los de mayor magnitud al parecer se concentraron entre las unidades agrícolas de mayor escala.

B. IMPACTOS INMEDIATOS

a) Tiempo de traslado

La reducción del tiempo de traslado entre un punto de origen y otro de destino es el principal efecto inmediato que genera el acceso a carreteras o vías. En el cuadro 9, se muestran los resultados del efecto del incremento de la densidad vial en el distrito en dos variables dependientes relacionadas con el tiempo de traslado: a) el tiempo de traslado del productor agrario del distrito desde su hogar hasta la capital del distrito; y b) la proporción de hogares cuyos miembros demoran menos de 24 horas en trasladarse desde su vivienda hasta la capital del distrito. Se puede apreciar que tanto en las estimaciones realizadas con el modelo de MCO como con el de variables instrumentales (VI), los coeficientes tienen el signo esperado y son significativos estadísticamente. Es decir, dichos coeficientes indican que la dotación de carreteras conlleva a una reducción en el tiempo de traslado del productor agrario desde su hogar hasta la capital del distrito, y también reduce el porcentaje de hogares del distrito cuyos miembros tardan más de 24 horas en movilizarse entre los mismos puntos.

Cuadro 7
Destino de la producción: formas reducidas

Variables dependientes	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	Destino de la producción									
	Ventas	Autoconsumo	Autoinsumo	Alimento para animales	VBP agropecuario 2009	Índice de diversificación	IDH	Ln [ingreso per cápita]	Suficiencia de ingresos agrícolas	Diversificación de empleo
a) Nacional										
Ln [distancia Kruskal]	-0,020** (0,008)	0,022*** (0,007)	0,004** (0,002)	-0,006 (0,008)	0,029 (0,030)	-0,021 (0,015)	0,002 (0,003)	-0,013 (0,014)	-0,001 (0,004)	-0,000 (0,006)
R^2	0,532	0,392	0,040	0,267	0,646	0,231	0,521	0,443	0,106	0,093
Observaciones	1090	1090	1090	1090	1088	1090	1102	1102	1098	1098
b) Sierra										
Ln [distancia Kruskal]	-0,024** (0,010)	0,028*** (0,009)	0,003* (0,002)	-0,007 (0,009)	0,026 (0,028)	-0,033** (0,017)	-0,003 (0,003)	-0,031* (0,017)	-0,000 (0,005)	0,005 (0,007)
R^2	0,299	0,205	0,036	0,269	0,591	0,303	0,367	0,268	0,045	0,078
Observaciones	753	753	753	753	751	753	760	760	760	760
Variables geográficas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Variables de población	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Minería	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 8
Destino de la producción: impactos heterogéneos

Variables dependientes	Pequeños productores			Medianos productores			Grandes productores		
	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) MCO	(5) VI	(6) VI	(7) MCO	(8) VI	(9) VI
	a) Nacional								
Venta	0,149*** (0,031)	0,330** (0,136)	0,326** (0,162)	0,199*** (0,031)	0,439*** (0,141)	0,440** (0,171)	0,231*** (0,041)	0,556*** (0,161)	0,560*** (0,191)
Autoconsumo	-0,026 (0,033)	-0,312** (0,145)	-0,479*** (0,176)	-0,032 (0,030)	-0,301** (0,140)	-0,459*** (0,167)	-0,013 (0,037)	-0,277** (0,135)	-0,386** (0,159)
Autoinsumo	-0,006** (0,003)	-0,026* (0,015)	-0,033* (0,019)	-0,005 (0,003)	-0,012 (0,015)	-0,022 (0,017)	-0,002 (0,011)	-0,059 (0,044)	-0,082 (0,055)
Alimento para animales	-0,117*** (0,020)	0,008 (0,110)	0,186 (0,134)	-0,163*** (0,023)	-0,126 (0,122)	0,041 (0,141)	-0,216*** (0,030)	-0,220 (0,156)	-0,092 (0,175)
Observaciones	1144	1144	1082	1135	1135	1074	1059	1059	1004
	b) Sierra								
Venta	0,149*** (0,041)	0,405*** (0,148)	0,465** (0,193)	0,258*** (0,041)	0,558*** (0,155)	0,600*** (0,206)	0,333*** (0,056)	0,733*** (0,174)	0,738*** (0,220)
Autoconsumo	0,045 (0,045)	-0,358** (0,161)	-0,719*** (0,231)	0,002 (0,044)	-0,373** (0,158)	-0,683*** (0,219)	0,001 (0,057)	-0,388** (0,154)	-0,615*** (0,202)
Autoinsumo	-0,009*** (0,003)	-0,0191 (0,0121)	-0,0273 (0,0180)	-0,010*** (0,003)	-0,00388 (0,0147)	-0,0240 (0,0175)	0,005 (0,012)	-0,0150 (0,0336)	-0,0254 (0,0454)

Variables dependientes	Pequeños productores			Medianos productores			Grandes productores		
	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) MCO	(5) VI	(6) VI	(7) MCO	(8) VI	(9) VI
Alimento para animales	-0,186***	-0,0287	0,281	-0,249	-0,181	0,107	-0,339***	-0,330*	-0,0976
	(0,027)	(0,123)	(0,071)	(0,031)	(0,133)	(0,171)	(0,041)	(0,169)	(0,204)
Observaciones	713	713	676	704	704	669	631	631	603
Variables geográficas	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
Variables de población	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
Minería	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros son, respectivamente, el coeficiente estimado y el error estándar asociado.

Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993, el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Siguiendo los mecanismos causales (gráfico 2), explicados en la sección de marco teórico, una vez verificados los impactos finales e inmediatos de la dotación de caminos —o conectividad vial—, estos últimos no serían creíbles si no se observaran impactos en variables intermedias, tales como el tiempo de traslado, el uso de insumos y la tecnología.

C. IMPACTOS INTERMEDIOS
a) Demanda de insumos

Si el proceso productivo agrícola es visualizado a partir de una función de producción, es posible esperar que ante el mayor acceso a mercados resultante de la habilitación de caminos —tal como será explicado más adelante—, las unidades productivas respondan estratégicamente modificando su demanda óptima de insumos, lo que les permitirá lograr mayores niveles de eficiencia y productividad.

Factor tierra

En el cuadro 10 se presentan los resultados del efecto de contar con mayor dotación de vías en uso del factor tierra, mediante las siguientes variables: a) superficie cultivada, b) proporción de superficie cultivada bajo régimen de propietario, c) proporción de superficie cultivada bajo régimen de comunero, d) proporción de superficie cultivada bajo régimen de arrendatario y e) proporción de superficie cultivada bajo régimen de posesionario. En las columnas (1) y (6) se muestran los resultados estimados según MCO; y en las demás columnas, según VI.

Con respecto a la superficie cultivada, solo en el caso de la sierra, si bien se registra un reducido incremento de la superficie cultivada debido a la dotación de carreteras, este se mantiene estadísticamente significativo aun cuando se controla por variables geográficas, de población y que consideren la presencia de actividad minera. Sin embargo, a nivel nacional, en general se visualiza la no significancia estadística de los coeficientes, lo que podría explicarse por el hecho de que la frontera agrícola no se haya alterado.

En cuanto al porcentaje de superficie cultivada bajo régimen de propiedad, los resultados muestran que este se ha reducido —tanto a nivel nacional como en la sierra—, pero se incrementa el porcentaje de superficie cultivada bajo régimen comunal. Específicamente, se observa que los efectos son mayores en la sierra. La mayor dotación de carreteras —y mayor conectividad— motivaría a que las familias que habitan y controlan determinados territorios, y están ligadas por vínculos ancestrales, sociales, económicos y culturales expresados en la propiedad comunal de la tierra —el trabajo comunal, la ayuda mutua y el desarrollo de actividades—, puedan contar con mayor superficie cultivada para su propio desarrollo. Asimismo, a pesar de que es factible que en una comunidad con pocas carreteras —o desconectada— los propietarios consideren más rentable alquilar las tierras para desarrollar actividades en las capitales de distrito, si bien los resultados

de los coeficientes de las correspondientes variables presentan el signo esperado (positivo), estos no son significativos en términos estadísticos. Probablemente, sea necesario profundizar este análisis segmentando las observaciones por tamaño de unidades agrícolas (pequeñas, medianas y grandes).

Factor capital (tecnología y prácticas productivas)

En el cuadro 11, se presentan los resultados del efecto de contar con mayor dotación de vías en uso del factor capital, mediante variables que, de alguna manera, aproximan el grado de tecnología en el proceso productivo, tales como uso de a) arado de hierro de tracción animal, b) arado de palo de tracción animal, c) cosechadora, d) *chaqui taclla,* e) fumigadora a motor, g) fumigadora manual (mochila), h) molino para grano, i) picadora de pasto, j) trilladora, k) bomba para pozo, l) motor para bombeo, m) generador eléctrico, n) tractor de rueda y ñ) camión/camioneta.

A nivel nacional, ninguna variable es significativa estadísticamente para todas las especificaciones consideradas. Por su parte, en la sierra, de todas las variables, el uso de fumigadora manual (mochila), molino para grano y generador eléctrico resultan significativas estadísticamente en todas las especificaciones consideradas. Ante una mayor dotación de vías en el distrito, se incrementa el uso de fumigadora manual —probablemente, debido al incremento de la superficie sembrada y la preocupación por plagas en cultivos— y se reduce el uso de molino para grano —tal vez porque la conectividad les permite tercerizar el servicio— y del generador eléctrico —no se requeriría energía para fines de almacenamiento—. Ciertamente, para precisar mejor los efectos de las variables consideradas en la estimación, sería necesario profundizar este análisis segmentando las observaciones por tamaño de unidades agrícolas —pequeñas, medianas y grandes—, a fin de identificar efectos heterogéneos.

En el cuadro 12 se presentan los resultados del efecto de contar con mayor dotación de vías en la realización de prácticas productivas, mediante el uso de a) semillas y/o plantones certificados; b) guano, estiércol u otro abono orgánico; c) fertilizantes químicos; d) insecticidas químicos; e) insecticidas no químicos o biológicos; f) herbicidas; g) fungicidas, así como i) el empleo de energía eléctrica y mecánica.

Así, se tiene que, a nivel nacional, los coeficientes estimados de las variables *uso de guano (estiércol u abono orgánico), fertilizantes químicos, insecticidas químicos, insecticidas no químicos o biológicos, fungicidas, energía eléctrica procedente de red pública y de tractores* son estadísticamente significativas en todas las especificaciones, lo que refleja su mayor demanda debido a la mayor densidad vial —o mayor conectividad vial—. Por su parte, en el nivel de la sierra, los coeficientes estimados de las variables *guano, fertilizantes químicos, insecticidas químicos, insecticidas no químicos o biológicos, herbicidas, fungicidas y uso de tractores*

también son estadísticamente significativas en todas las especificaciones, lo que refleja su mayor demanda debido a la mayor densidad vial (o mayor conectividad vial).

Factor capital financiero

Como se explicó previamente, a mayor conexión vial de las unidades agropecuarias, mayores ventas, y este efecto también conlleva al incremento de la solicitud y uso del crédito (cuadro 13), donde la magnitud de los que recibieron el crédito fue considerablemente más grande: si bien la mayor conectividad contribuyó al mayor interés por gestionar algún crédito, el efecto de la mayor conectividad es hasta casi cuatro veces mayor para los que recibieron el crédito.

Estos resultados se recogieron mediante las variables *proporción de unidades agropecuarias en los distritos que realicen gestiones para obtener algún crédito (solicitud)* y *proporción de las unidades agropecuarias en los distritos que recibieron el crédito* (en aquellos casos donde estos fueron gestionados).

Factor trabajo

En este caso, se construyeron, como variables de interés, el promedio de mano de obra contratada por las UA en el distrito en forma permanente y temporal. Si bien no se encuentran efectos de la conectividad vial sobre el empleo de mano de obra remunerada en forma permanente, tanto por la demanda de hombres como de mujeres, sí se muestran efectos sobre la demanda de mano de obra contratada de manera temporal, pero solo en el empleo de la mano de obra femenina: probablemente, la cercanía a las capitales de distrito —aproximada por la mayor densidad vial, que les permite trasladarse a un menor costo— conlleva a que las mujeres encuentren mejores posibilidades de desarrollo en dicha capital, sobre todo en actividades de comercio. Estos efectos se muestran tanto en el ámbito nacional como en la sierra del país, aunque con mayor magnitud en el primer caso, donde un kilómetro adicional de carretera por kilómetro cuadrado de superficie del distrito —que equivale a triplicar la densidad vial— reduciría hasta en 8 puntos porcentuales la proporción de la contratación de mano de obra femenina (cuadro 14).

Asociatividad

La asociatividad fue recogida mediante la construcción de la variable *proporción de productores agropecuarios en el distrito que pertenecen a alguna asociación o cooperativa de productores.* Los resultados encontrados aquí, en cualquiera de las especificaciones, son no significativos (cuadro 15).

Cuadro 9
Tiempo de traslado

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					**b) Sierra**				
Tiempo que demora el traslado desde el hogar hasta la capital del distrito	-1,740*** (0,147)	-2,225*** (0,591)	-2,801*** (0,587)	-3,326*** (0,583)	-3,138*** (0,570)	-1,345*** (0,144)	-1,841*** (0,525)	-2,847*** (0,566)	-2,745*** (0,565)	-2,539*** (0,562)
Observaciones	1186	1186	1158	1107	1107	806	798	760	760	-
R^2	0,089	0,082	0,102	0,260	0,307	0,103	0,152	0,316	0,353	-
Porcentaje de hogares del distrito cuyos miembros demoran menos de 24 horas para trasladarse desde su domicilio hasta la capital del distrito	-0,0413*** (0,00701)	-0,134*** (0,0269)	-0,102*** (0,0213)	-0,104*** (0,0236)	-0,101*** (0,0229)	-0,0197*** (0,00548)	-0,0461*** (0,0138)	-0,0547*** (0,0163)	-0,0497*** (0,0157)	-0,0469*** (0,0154)
Observaciones	1186	1186	1158	1107	1107	806	806	798	760	760
R^2	0,033	-	-	-	-	0,023	-	-	-	-
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Actividad minera	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 10
Factor tierra

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Superficie cultivada	-4,55e-05 (4,57e-05)	-0,000149 (0,000150)	5,81e-08* (3,36e-08)	5,39e-08 (3,74e-08)	4,35e-08 (3,88e-08)	1,00e-07*** (1,37e-08)	9,10e-08*** (3,39e-08)	7,28e-08** (3,40e-08)	7,05e-08* (3,71e-08)	6,58e-08* (3,79e-08)
Observaciones	1174	1174	1149	1099	1099	795	795	790	753	753
R^2	0,001	-	0,156	0,171	0,166	0,097	0,096	0,100	0,113	0,114
Porcentaje de superficie cultivada bajo régimen propietario	-0,0167 (0,0214)	-0,111 (0,0952)	-0,279*** (0,102)	-0,229** (0,0945)	-0,232** (0,0958)	-0,0614** (0,0252)	-0,369*** (0,121)	-0,354*** (0,132)	-0,316*** (0,112)	-0,318*** (0,114)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,000	-	-	-	0,009	0,059	-	-	-	-
Porcentaje de superficie cultivada bajo régimen comunero	0,0255 (0,0169)	0,226*** (0,0734)	0,211*** (0,0786)	0,171** (0,0762)	0,174** (0,0773)	0,0609*** (0,0217)	0,317*** (0,1000)	0,297*** (0,107)	0,251** (0,0995)	0,255** (0,101)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,002	-	-	-	-	0,048	--	--	--	--
Porcentaje de superficie cultivada bajo régimen arrendatario	0,0317*** (0,00888)	-0,0390 (0,0313)	0,0405 (0,0340)	0,0231 (0,0321)	0,0190 (0,0331)	0,0105* (0,00564)	0,0363 (0,0350)	0,0401 (0,0381)	0,0275 (0,0306)	0,0250 (0,0311)

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,013	-	0,120	0,163	0,167	0,039	0,020	0,021	0,071	0,075
Porcentaje de superficie cultivada bajo régimen posesionario	-0,0541*** (0,00849)	-0,0906** (0,0405)	-0,00337 (0,0360)	-0,00345 (0,0382)	-0,00737 (0,0386)	-0,0153** (0,00663)	-0,0302 (0,0310)	-0,0290 (0,0309)	-0,0236 (0,0343)	-0,0247 (0,0344)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,018	0,010	0,071	0,082	0,093	0,025	0,022	0,026	0,032	0,032
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Actividad minera	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.

Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 11
Factor capital-tecnología productiva

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Uso de arado a tracción animal	-0,0110 (0,00785)	-0,0205 (0,0283)	0,0278 (0,0326)	0,0494 (0,0364)	0,0492 (0,0370)	-0,0314*** (0,00876)	-0,0507 (0,0326)	-0,0368 (0,0336)	0,00803 (0,0353)	0,00673 (0,0360)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,001	0,000	0,027	0,025	0,035	0,038	0,034	0,049	0,072	0,073
Uso de arado de palo de tracción animal	0,177*** (0,0308)	0,570*** (0,100)	0,149 (0,0931)	0,178* (0,102)	0,196* (0,102)	0,0913*** (0,0337)	0,150 (0,111)	-0,0282 (0,114)	0,0362 (0,128)	0,0375 (0,131)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,034	-	0,248	0,292	0,344	0,135	0,131	0,219	0,278	0,278
Uso de cosechadora	0,000775 (0,000830)	-0,000692 (0,00189)	0,00290 (0,00215)	0,00412* (0,00248)	0,00409 (0,00252)	0,000119 (0,000476)	0,00275 (0,00198)	0,00273 (0,00216)	0,00318 (0,00241)	0,00324 (0,00242)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,001	-	0,017	0,032	0,037	0,012	-	-	-	-
Uso de *chaqui taclla*	0,0195 (0,0396)	0,352*** (0,132)	-0,00551 (0,129)	-0,0348 (0,144)	-0,0653 (0,145)	-0,0412 (0,0461)	-0,0452 (0,157)	-0,0494 (0,164)	-0,107 (0,184)	-0,127 (0,188)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,000	-	0,306	0,315	0,322	0,229	0,229	0,282	0,293	0,294

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
Uso de fumigadora a motor	-0,00361 (0,00934)	-0,198*** (0,0380)	-0,103*** (0,0338)	-0,109*** (0,0377)	-0,115*** (0,0390)	-0,00578 (0,00670)	-0,0276 (0,0284)	-0,0196 (0,0310)	-0,0149 (0,0346)	-0,0154 (0,0345)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,000	-	0,066	0,147	0,147	0,058	0,053	0,084	0,113	0,113
Uso de fumigadora manual (mochila)	0,112*** (0,0271)	-0,113 (0,0943)	0,200** (0,0961)	0,217** (0,105)	0,207** (0,105)	0,140*** (0,0280)	0,258*** (0,0910)	0,240** (0,0960)	0,234** (0,109)	0,236** (0,111)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,012	-	0,246	0,303	0,368	0,192	0,171	0,178	0,202	0,201
Uso de molino para grano	-0,00208 (0,00861)	-0,0753*** (0,0240)	-0,0984*** (0,0305)	-0,104*** (0,0356)	-0,111*** (0,0375)	-0,0129* (0,00769)	-0,0557** (0,0272)	-0,0640** (0,0308)	-0,0679* (0,0363)	-0,0693* (0,0374)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,000	-	-	-	-	0,061	0,036	0,024	0,032	0,031
Uso de picadora de pasto	-0,00265 (0,00179)	-0,00646 (0,00446)	0,0110 (0,0100)	0,00563 (0,00746)	0,00494 (0,00748)	-0,00176 (0,00123)	-0,00170 (0,00373)	-0,000905 (0,00355)	-0,000387 (0,00358)	-0,000608 (0,00372)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,001	-	0,024	0,051	0,054	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006
Uso de trilladora	-0,000286 (0,00209)	0,0269 (0,0273)	0,0310 (0,0315)	0,0359 (0,0357)	0,0354 (0,0362)	-0,00365 (0,00287)	-0,0132 (0,0156)	-0,0145 (0,0169)	-0,0176 (0,0206)	-0,0182 (0,0211)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760

R^2	0,000	-	-	-	-	0,032	0,019	0,018	0,014	0,012
Uso de bomba para pozo	-0,00680** (0,00295)	-0,0437*** (0,0131)	0,00139 (0,0129)	-0,0115 (0,0133)	-0,00913 (0,0123)	-0,000822 (0,00133)	-0,000182 (0,00364)	-0,000112 (0,00391)	0,00181 (0,00575)	0,00173 (0,00580)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,002	-	0,101	0,132	0,141	0,047	0,047	0,072	0,083	0,,083
Uso de motor para bombeo de agua	-0,00990** (0,00445)	-0,0520*** (0,0175)	0,0240 (0,0196)	0,0167 (0,0198)	0,0187 (0,0195)	-0,000268 (0,00101)	0,000595 (0,00328)	0,00154 (0,00334)	0,00338 (0,00400)	0,00325 (0,00405)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,002	-	0,140	0,170	0,175	0,066	0,065	0,101	0,102	0,103
Uso de generador eléctrico	-0,0134*** (0,00286)	-0,0388*** (0,00748)	-0,00313 (0,0100)	-0,0106 (0,00887)	-0,0103 (0,00895)	-0,00218*** (0,000493)	-0,00637** (0,00249)	-0,00623** (0,00251)	-0,00660** (0,00327)	-0,00647** (0,00318)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,013	-	0,145	0,173	0,174	0,065	0,023	0,051	0,058	0,060
Uso de tractor de rueda	-0,00181 (0,00220)	-0,0270*** (0,00650)	-0,00278 (0,00567)	-0,00331 (0,00636)	-0,00325 (0,00649)	-9,28e-05 (0,000863)	0,00338 (0,00429)	0,00512 (0,00469)	0,00357 (0,00559)	0,00387 (0,00567)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760
R^2	0,000	-	0,091	0,116	0,125	0,044	0,037	0,050	0,090	0,089
Uso de camión/ camioneta	-0,00699 (0,00426)	-0,0822*** (0,0170)	-0,0249* (0,0144)	-0,0419*** (0,0159)	-0,0408** (0,0159)	-0,000461 (0,00179)	-0,00902 (0,00803)	-0,00460 (0,00782)	-0,00802 (0,00928)	-0,00678 (0,00917)
Observaciones	1185	1185	1157	1106	1106	806	806	798	760	760

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
R^2	0,001	-	0,128	0,172	0,216	0,106	0,093	0,125	0,169	0,175
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Actividad minera	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 12
Factor capital-prácticas productivas

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Porcentaje de productores que no utilizan semillas y/o plantones	0,0137 (0,0160)	0,0951 (0,0672)	0,0886 (0,0701)	0,0861 (0,0751)	0,0900 (0,0776)	-0,0121 (0,0118)	0,0656 (0,0542)	0,0968 (0,0601)	0,0724 (0,0612)	0,0847 (0,0636)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,574	0,563	0,561	0,597	0,597	0,042	-	-	0,043	0,043
Porcentaje de productores que no aplican guano, estiércol ni abono orgánico	-0,190*** (0,0237)	-0,375*** (0,116)	-0,367*** (0,118)	-0,376*** (0,132)	-0,369*** (0,135)	-0,234*** (0,0278)	-0,666*** (0,120)	-0,635*** (0,125)	-0,669*** (0,143)	-0,658*** (0,146)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,502	0,481	0,518	0,520	0,522	0,198	0,019	0,107	0,085	0,096
Porcentaje de productores que no aplican fertilizantes químicos	-0,255*** (0,0340)	-0,803*** (0,152)	-0,745*** (0,149)	-0,748*** (0,171)	-0,755*** (0,175)	-0,315*** (0,0371)	-0,900*** (0,166)	-0,861*** (0,169)	-0,791*** (0,189)	-0,797*** (0,193)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,407	0,234	0,282	0,295	0,291	0,138	-	-	-	-

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
Porcentaje de productores que aplican insecticidas químicos	0,195*** (0,0346)	0,581*** (0,134)	0,533*** (0,135)	0,533*** (0,154)	0,539*** (0,157)	0,250*** (0,0366)	0,700*** (0,144)	0,684*** (0,151)	0,619*** (0,170)	0,622*** (0,173)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,412	0,317	0,306	0,358	0,356	0,132	-	-	0,028	0,026
Porcentaje de productores en el distrito que aplican insecticidas no químicos o biológicos	-0,00534 (0,00737)	0,0850** (0,0377)	0,0895** (0,0405)	0,0754* (0,0431)	0,0737* (0,0438)	0,00335 (0,00725)	0,120*** (0,0353)	0,139*** (0,0393)	0,115*** (0,0401)	0,113*** (0,0410)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,245	0,174	0,182	0,211	0,214	0,054	-	-	-	-
Porcentaje de productores que aplican herbicidas	0,0517* (0,0269)	0,0862 (0,0993)	0,0170 (0,104)	0,0768 (0,114)	0,0745 (0,116)	0,0327 (0,0251)	0,175** (0,0872)	0,172* (0,0933)	0,175* (0,102)	0,180* (0,104)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,446	0,445	0,449	0,498	0,498	0,137	0,103	0,116	0,154	0,152
Porcentaje de productores que aplican fungicidas	0,128*** (0,0309)	0,320*** (0,116)	0,241** (0,116)	0,243* (0,133)	0,243* (0,135)	0,153*** (0,0338)	0,450*** (0,121)	0,399*** (0,124)	0,362** (0,141)	0,366** (0,144)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760

R^2	0,389	0,359	0,386	0,397	0,397	0,115	0,002	0,048	0,081	0,079
Porcentaje de productores que cuentan con certificación orgánica	-0,00160 (0,00230)	0,0206 (0,0228)	0,0192 (0,0245)	0,0241 (0,0286)	0,0232 (0,0291)	-0,00226** (0,00104)	-0,0114** (0,00555)	-0,0113* (0,00579)	-0,0126* (0,00660)	-0,0131* (0,00681)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,155	0,109	0,306	0,100	0,356	0,061	0,010	0,002	-	-
Porcentaje de productores en el distrito que utilizan energía eléctrica	-0,0108*** (0,00395)	0,0226 (0,0183)	0,0211 (0,0195)	0,0191 (0,0205)	0,0190 (0,0209)	-0,00720*** (0,00248)	0,00697 (0,00869)	0,000891 (0,00813)	0,00135 (0,0102)	0,00195 (0,00988)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,094	0,071	0,088	0,094	0,094	0,042	0,030	0,045	0,045	0,044
Porcentaje de productores que utilizan energía eléctrica procedente de la red pública	0,232*** (0,0495)	0,648*** (0,228)	0,649*** (0,232)	0,867*** (0,288)	0,844*** (0,294)	0,210*** (0,0636)	0,366 (0,222)	0,345 (0,237)	0,503* (0,277)	0,484* (0,285)
Observaciones	840	840	828	803	803	523	523	519	502	502
R^2	0,155	0,058	0,059	-	0,008	0,044	0,034	0,041	0,023	0,028
Porcentaje de productores que utilizan energía eléctrica procedente de motor generador	-0,0472 (0,0422)	-0,151 (0,191)	-0,178 (0,194)	-0,253 (0,231)	-0,228 (0,234)	-0,0435 (0,0503)	0,366 (0,222)	-0,0728 (0,182)	-0,0579 (0,210)	-0,0474 (0,214)
Observaciones	840	840	828	803	803	523	523	519	502	502

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
R^2	0,164	0,159	0,157	0,153	0,161	0,046	0,045	0,056	0,073	0,074
Porcentaje de productores que utilizan tractores	0,0684** (0,0291)	0,198* (0,117)	0,191* (0,114)	0,243* (0,131)	0,215 (0,131)	0,0679** (0,0322)	0,212* (0,116)	0,204* (0,116)	0,236* (0,137)	0,208 (0,137)
Observaciones	1166	1166	1148	1097	1097	806	806	798	760	760
R^2	0,446	0,434	0,507	0,518	0,528	0,230	0,208	0,316	0,327	0,346
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Actividad minera	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 13
Factor capital financiero

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Prop. de productores en el distrito que realizaron gestiones para obtener un préstamo o crédito en el distrito										
Coeficiente	0,0198**	0,0420	0,0194	0,0322	0,0291	0,00978	0,0784**	0,0783**	0,0730**	0,0703*
	(0,00957)	(0,0341)	(0,0343)	(0,0379)	(0,0385)	(0,00843)	(0,0306)	(0,0322)	(0,0361)	(0,0366)
Observaciones	1167	1167	1149	1098	1098	806	806	798	760	760
R^2	0,425	0,422	0,441	0,474	0,475	0,041	-	-	-	-
Prop. de productores en el distrito que recibieron el préstamo o crédito que habían gestionado										
Coeficiente	0,104***	0,313***	0,309**	0,388***	0,383***	0,0693*	0,277**	0,307**	0,375**	0,368**
	(0,0275)	(0,117)	(0,121)	(0,140)	(0,143)	(0,0368)	(0,121)	(0,133)	(0,153)	(0,157)
Observaciones	1125	1125	1107	1062	1062	768	768	760	727	727
R^2	0,126	0,086	0,114	0,102	0,105	0,048	0,011	0,027	0,018	0,021
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Actividad minera	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 14
Factor trabajo

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Prom. de trabajadores remunerados permanentes en el distrito										
Coeficiente	0,271 (0,425)	0,0515 (0,338)	0,460 (0,704)	0,859 (0,975)	0,849 (0,978)	-0,0784*** (0,0267)	0,0599 (0,176)	0,176 (0,225)	0,461 (0,482)	0,443 (0,447)
Observaciones	1155	1155	1137	1086	1086	795	795	787	749	749
R^2	0,037	0,036	0,042	0,044	0,044	0,052	0,051	0,058	0,058	0,058
Prom. de trabajadores varones remunerados permanentes en el distrito										
Coeficiente	0,295 (0,399)	0,0753 (0,292)	0,443 (0,648)	0,754 (0,886)	0,764 (0,894)	-0,0436** (0,0197)	0,0166 (0,105)	0,0874 (0,132)	0,249 (0,277)	0,243 (0,258)
Observaciones	1155	1155	1137	1086	1086	795	795	787	749	749
R^2	0,034	0,034	0,039	0,041	0,041	0,054	0,054	0,062	0,062	0,063
Prom. de trabajadoras mujeres remuneradas permanentes en el distrito										
Coeficiente	-0,0245 (0,0297)	-0,0238 (0,0703)	0,0168 (0,0846)	0,105 (0,145)	0,0856 (0,132)	-0,0348*** (0,00943)	0,0433 (0,0746)	0,0885 (0,0960)	0,212 (0,207)	0,200 (0,192)
Observaciones	1155	1155	1137	1086	1086	795	795	787	749	749
R^2	0,044	0,044	0,051	0,053	0,055	0,048	0,046	0,052	0,051	0,052

Prom. de trabajadores remunerados eventuales en el distrito										
Coeficiente	1,065 (2,298)	-10,70 (8,349)	-11,53 (8,551)	-7,719 (9,620)	-8,257 (9,829)	-0,246 (1,198)	0,779 (5,508)	0,143 (5,373)	2,139 (5,599)	2,391 (5,667)
Observaciones	1155	1155	1137	1086	1086	795	795	787	749	749
R^2	0,117	0,103	0,119	0,146	0,146	0,047	0,046	0,059	0,072	0,072
Prom. de trabajadores varones remunerados eventuales en el distrito										
Coeficiente	2,284 (1,456)	-2,740 (5,838)	-3,251 (5,957)	-0,0314 (6,649)	-0,217 (6,768)	0,518 (0,975)	3,101 (4,502)	2,635 (4,423)	4,632 (4,611)	4,912 (4,666)
Observaciones	1155	1155	1137	1086	1086	795	795	787	749	749
R^2	0,133	0,127	0,138	0,161	0,161	0,058	0,052	0,067	0,067	0,066
Prom. de trabajadoras mujeres remuneradas eventuales en el distrito										
Coeficiente	-1,219 (1,145)	-7,955** (3,300)	-8,280** (3,289)	-7,687** (3,734)	-8,040** (3,855)	-0,765** (0,304)	-2,322 (1,414)	-2,492* (1,335)	-2,493* (1,453)	-2,521* (1,469)
Observaciones	1155	1155	1137	1086	1086	795	795	787	749	749
R^2	0,069	0,051	0,069	0,090	0,089	0,031	0,013	0,016	0,056	0,055
Variables geográficas Variables de población Actividad minera	No No No	No No No	Sí No No	Sí Sí No	Sí Sí Sí	No No No	No No No	Sí No No	Sí Sí No	Sí Sí Sí

Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.

Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

Cuadro 15
Asociatividad

Variable dependiente	(1) MCO	(2) VI	(3) VI	(4) VI	(5) VI	(6) MCO	(7) VI	(8) VI	(9) VI	(10) VI
	a) Nacional					b) Sierra				
Prop. de productores en el distrito que pertenecen a alguna asociación, comité o cooperativa de productores										
Coeficiente	0,0260	-0,163	-0,0651	0,0575	0,0574	0,00106	-0,190	-0,0324	0,0350	0,0361
	(0,0367)	(0,166)	(0,170)	(0,181)	(0,184)	(0,0471)	(0,178)	(0,181)	(0,193)	(0,196)
Observaciones	1167	1167	1149	1098	1098	806	806	798	760	760
R^2	0,198	0,180	0,243	0,323	0,323	0,066	0,048	0,175	0,257	0,258
Variables geográficas	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Variables de población	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí
Actividad minera	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí

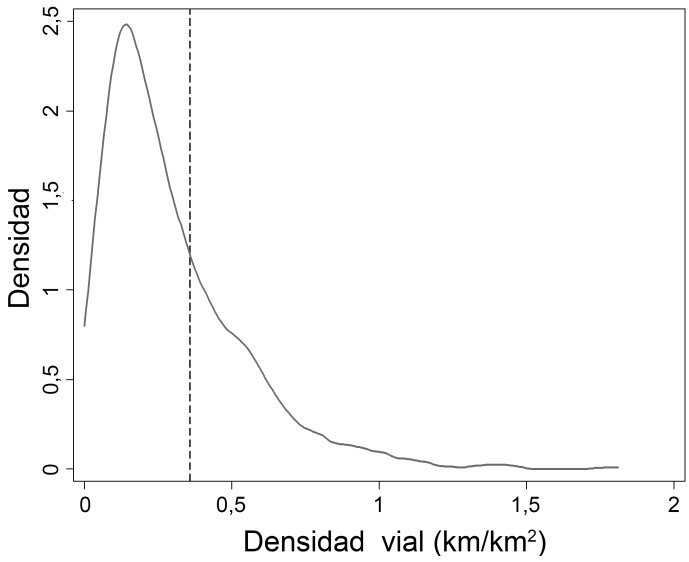
Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1. Para cada variable, los parámetros que se presentan son, respectivamente, el coeficiente estimado/el error estándar del parámetro estimado y el coeficiente de determinación de la regresión R^2.
Nota: Todas las regresiones incluyen como regresores la antigüedad en años del distrito (desde su año de fundación) y efectos fijos para las regiones naturales de Pulgar Vidal. Las variables geográficas se refieren al gradiente promedio de los suelos de los distritos y la altitud promedio. Además, se ha añadido el logaritmo de la superficie agrícola en 1994. Las variables de población incluyen el porcentaje de población rural en 1993; el porcentaje de población con lengua materna quechua, aimara o alguna lengua indígena amazónica en 1993; el porcentaje de población con educación secundaria o superior en 1993; el porcentaje de población ocupada en el agro en 1993; y el logaritmo de la población en 1993. Minería es una *dummy* que indica si el distrito tiene actividad minera.

4.5. Análisis de política: impactos esperados por acortar brechas de infraestructura vial

Los impactos descritos logran una aproximación a los impactos de la infraestructura vial en el promedio de distritos analizados. Resulta conveniente, entonces, hacer un ejercicio de política que permita observar de qué manera la dotación de caminos sobre espacios en particular afectaría los resultados agrícolas, como el acceso a los mercados. Sin embargo, es necesario establecer una medida de dotación que sea susceptible de implementarse.

Por ello, en este estudio evaluamos una política que busque reducir la brecha de infraestructura dotando de más caminos a aquellos distritos que registren la menor densidad vial[9]. La medida de brecha se ha calculado como la diferencia entre la densidad promedio de los distritos de la sierra y la densidad observada en cada distrito de la muestra estimable. En aquellos casos donde la densidad vial de un distrito es mayor que el promedio, entonces la brecha atribuida es nula. El gráfico 4 muestra la distribución estimada de la densidad vial de los distritos de la sierra que conforman la muestra estimable. Además, en él se ha graficado como una línea vertical entrecortada la densidad promedio: 0,36 km de vías por cada km^2 de área. Claramente, el grueso de los distritos registra brechas cuantitativas importantes.

Gráfico 4
Distribución de la densidad vial



[9] La brecha de infraestructura puede entenderse tanto en términos cualitativos como cuantitativos. La brecha cualitativa se refiere a la dotación de caminos de mala calidad que, aun cuando posibilitan el tránsito vehicular, no permiten que este se desarrolle eficientemente. La brecha cuantitativa, en cambio, alude a la inexistencia de caminos transitables por vehículos y/o a la existencia de senderos no carrozables. La brecha que evaluamos, por tanto, mide el impacto de la reducción de esta última brecha.

Para el ejercicio, nos concentramos únicamente en los distritos de la sierra porque son más homogéneos en términos de población y áreas, de modo que la estimación de brechas es más precisa. No hemos añadido los distritos de la costa ni de la selva porque estos son más heterogéneos. Además, la variable de impacto que consideramos es únicamente la proporción de producción dirigida al mercado, en vista de que es la variable con los resultados de impacto más robustos.

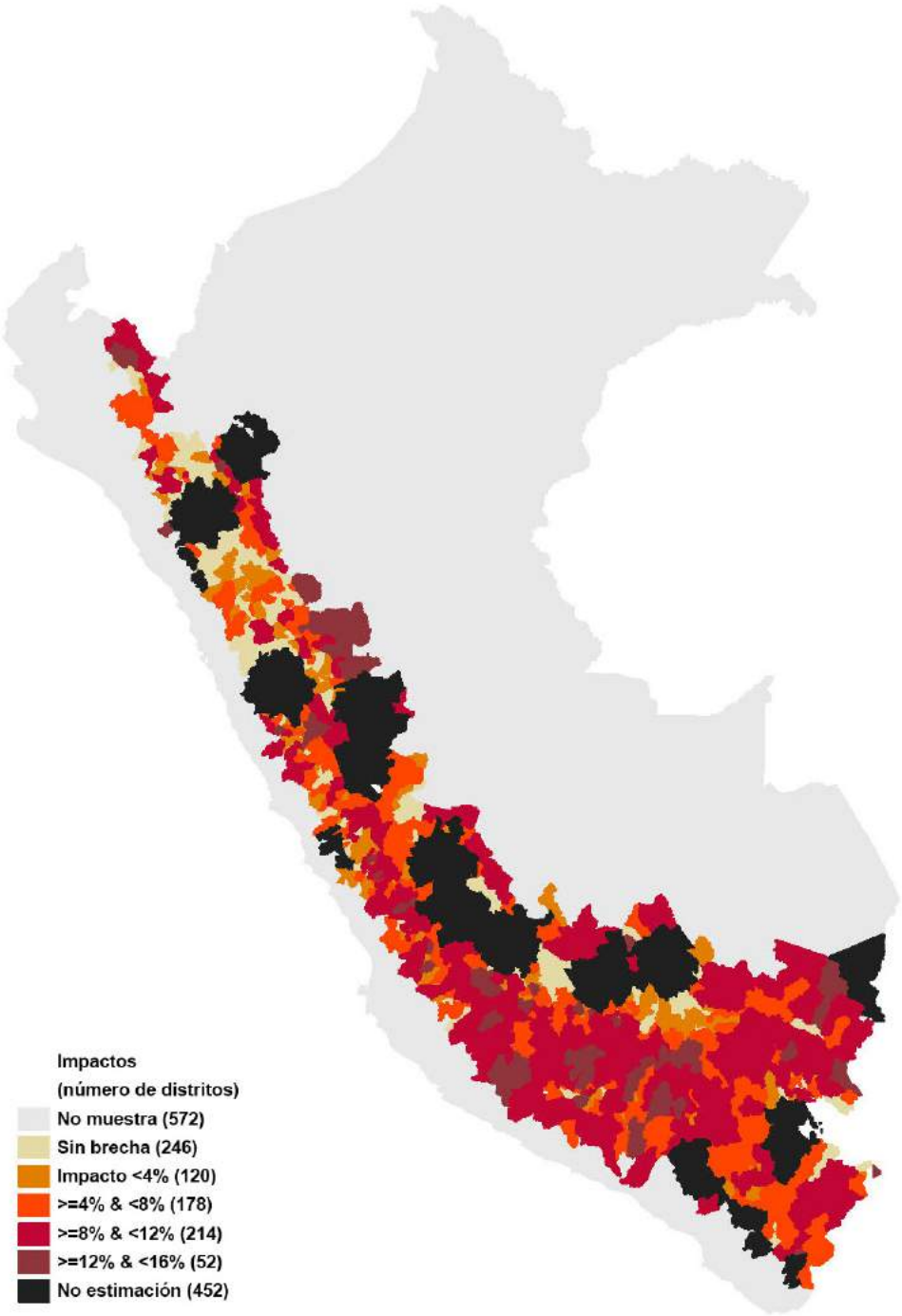
Los resultados se muestran en el cuadro 16. Como se observa, los distritos más pequeños (los del primer quintil) son los que registran la menor proporción de brechas viales, mientras que los más grandes son los que presentan los mayores déficits. En promedio, entre los distritos del primer quintil de tamaño, la brecha promedio es de solo 0,062 km de vías por km^2, mientras que entre los distritos más grandes esta es de 0,215 km de vías por km^2. En la columna F de la tabla se muestran los resultados si consideráramos cerrar estas brechas, de modo que los distritos analizados al menos tuvieran una densidad similar al promedio de 0,36 km/km^2. Como se aprecia, los mayores impactos se observarían entre los distritos más grandes, que son los que tienen las mayores brechas, en promedios que llegarían hasta 8,6%[10].

Cuadro 16
Impacto de la reducción de las brechas de infraestructura en el acceso a mercados (destino de la producción dirigida a las ventas)

Quintil área	Área promedio (km^2)	Densidad promedio (km/km^2)	Porcentaje de distritos con brecha	Brecha promedio	Impacto promedio en ventas
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
1	61,4	0,483	38,9%	0,062	2,5%
2	132,8	0,371	56,8%	0,087	3,5%
3	230,9	0,273	69,8%	0,125	5,0%
4	415,4	0,215	85,8%	0,160	6,4%
5	1062,9	0,146	96,9%	0,215	8,6%

[10]El impacto se ha estimado como el producto del parámetro estimado para ventas y la brecha estimada para cada distrito. Luego, estos impactos individuales se han promediado entre cada quintil. El impacto para distritos sin brechas de infraestructura es nulo.

Mapa 3
Impactos de la reducción de la brecha vial en la producción destinada a la venta de los distritos



Fuente: elaboración propia

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones de política

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Conclusiones

En este documento se ha evaluado el impacto de la dotación de caminos en la agricultura del país. Como reseña Webb (2013), durante los últimos años se ha producido en el Perú una explosión de caminos que ha tendido a conectar los espacios más aislados con los mercados de las grandes ciudades. Esta conexión ha generado, en palabras del autor, una transformación del área rural del país.

De acuerdo con las estimaciones realizadas y siguiendo el modelo causal considerado (gráfico 2), los resultados cuantitativos muestran lo siguiente:

En primer lugar, la distancia entre el distrito y la recta más próxima del árbol de Kruskal se constituye en un buen predictor de la densidad vial a nivel de distrito: en los distritos más distantes de las rectas euclidianas de conexión de capitales departamentales se registra una menor densidad vial, mientras que, en los más cercanos, se cuentan más kilómetros de vías por kilómetro cuadrado. En consecuencia, el instrumento considerado permite, econométricamente, interpretar los resultados desde una perspectiva de la causalidad (impacto) de contar con una mayor provisión de carreteras (mayor densidad vial) en las variables de resultado analizadas.

En segundo lugar, los resultados del estudio muestran que la mayor conexión vial ha incrementado las ventas y reducido el autoconsumo. De acuerdo con los parámetros estimados, por cada kilómetro de vías construidas por kilómetro cuadrado, la producción dirigida al mercado puede incrementarse en hasta 36 puntos porcentuales en el país y en hasta 40 puntos porcentuales en la sierra. Más aún, las mayores ventas involucran directamente la reducción del autoconsumo. En esencia, estos hallazgos sugieren, por un lado, que la distancia entre los puntos de producción y los puntos de venta se acorta; y, por otro, que el primer eslabón (gráfico 2) del vínculo entre infraestructura vial y acceso a mercados es fuerte. En particular, los resultados muestran que, en la sierra del país, la dotación de caminos posiblemente ha permitido la diversificación de la producción agrícola y el incremento del VBP del agro, aunque estos resultados no son totalmente robustos a la inclusión de factores potencialmente explicativos diferentes de los caminos.

En tercer lugar, en materia de bienestar, los parámetros sugieren impactos reducidos y, cuando estos ocurren, al parecer se concentran principalmente en la sierra. Cuando las estimaciones se hacen a nivel de todo el país, los resultados son estadísticamente nulos.

En cuarto lugar, se debe mencionar que la relación entre infraestructura vial y variables de bienestar se muestra menos fuerte en los siguientes eslabones (gráfico 2). Así, los resultados indican evidencia débil de que mayor densidad vial deviene

en mayores ingresos per cápita de los hogares. Estos resultados son similares que los mostrados por Faber (2013), quien argumenta que ello podría ser evidencia de la reasignación de recursos que surge por causa de la vialidad, al permitirse el flujo de los factores hacia los lugares donde estos tienen un mayor retorno, lo que ubicaría a la actividad agrícola como una fuente complementaria de ingresos. Se pueden mencionar conjeturas adicionales, como el hecho de que, gracias a la mayor dotación vial, el bienestar haya tenido un mayor impacto solo en algunas unidades productivas, pero en agregado, a nivel de distrito, este no haya sido significativo. Ciertamente, nuestras estimaciones capturan efectos heterogéneos de la dotación vial: los mayores impactos se han concentrado entre las unidades agrícolas más grandes; entre las pequeñas, si bien los impactos fueron positivos, su magnitud fue menor que para los anteriores.

En quinto lugar, el tiempo de traslado del productor agrario desde su hogar hasta la capital del distrito se reduce en hasta 3,1 horas, y 2,5 horas si se triplica la densidad vial promedio del distrito a nivel nacional y en la sierra, respectivamente. Por otra parte, la proporción de personas que demoran menos de 24 horas en trasladarse desde su vivienda hasta la capital del distrito se reduce en hasta 10 y 5 puntos porcentuales a nivel nacional y en la sierra, respectivamente. Si bien este resultado recae dentro de lo esperado respecto a la mayor dotación vial para los hogares agrícolas, desafortunadamente no es posible inferir, en forma directa, que la infraestructura vial ha reducido el tiempo de movilización de los productos agrícolas a los mercados de venta, debido a que no es una pregunta considerada en la encuesta. Sin perjuicio de ello, el resultado sugiere, indirectamente, mejoras en el bienestar de los productores cuyos hogares están en la misma unidad agrícola.

En sexto lugar, si bien es cierto que los resultados evidencian que la mayor dotación de vías produce un impacto en las variables de producción y bienestar, y que, por lo tanto, serían de esperar impactos intermedios en las variables de insumos (o de índole tecnológica) asociadas al proceso productivo, los resultados obtenidos para los correspondientes parámetros no son necesariamente del todo concluyentes en ninguna dirección (positiva o negativa). Consideramos que sería necesario incorporar al análisis la estimación de funciones de producción para, a partir de ello, extraer conjeturas razonables en cuanto al uso de insumos y tecnologías. Sin perjuicio de ello, las ecuaciones (1) y (2) del modelo revelan los siguientes resultados:

a. Por cada kilómetro de vías construidas por kilómetro cuadrado de área, el porcentaje de superficie cultivada bajo régimen de propiedad se reduce en la sierra en hasta 31 puntos porcentuales. La mayor dotación de carreteras motivaría a que la propiedad comunal se incrementara (en hasta 29 puntos porcentuales);

b. En la sierra, por cada kilómetro de vías construidas por kilómetro cuadrado de área el uso de fumigadora manual (mochila) se incrementa en 23 puntos porcentuales, pero el uso de molino para grano y de generador eléctrico se reduce en hasta 6 puntos porcentuales y cerca de medio punto porcentual, respectivamente.

c. Tanto a nivel nacional como en la sierra, por cada kilómetro de vías construidas por kilómetro cuadrado de área se incrementa el uso de guano (estiércol u abono orgánico), fertilizantes químicos, insecticidas químicos, insecticidas no químicos o biológicos, fungicidas, energía eléctrica procedente de red pública y tractores.

d. La mayor conectividad contribuyó al surgimiento de un mayor interés por gestionar algún crédito, lo que se tradujo en un mayor efecto —hasta casi cuatro veces— para los productores que recibieron el crédito por cada kilómetro de vías construidas por kilómetro cuadrado de área.

e. Un kilómetro adicional de carretera por kilómetro cuadrado de superficie del distrito, que equivale a triplicar la densidad vial, reduciría hasta en 8 puntos porcentuales la proporción de la contratación de mano de obra femenina.

En última instancia, se intentó observar cuánto se incrementarían las ventas si se acortaran las brechas de infraestructura vial que enfrentan los distritos del país. De acuerdo con los resultados, las ventas se incrementarían en hasta 8%, en particular en los distritos más grandes. Los distritos más beneficiados por esta medida serían los ubicados en la zona sur de la sierra. Al respecto, sin duda, las características geográficas de la sierra se constituyen en un grave problema de costos de transporte. Iguiñiz (1998) explica que las actividades serranas serían competitivas si estuvieran más cerca de los mercados finales, lo que hace que su campo de acción se reduzca a mercados locales. En ese sentido, la mayor dotación de vías se constituye en una opción para esta región. Para ello, el diseño y la ejecución de proyectos de infraestructura vial financiados con mecanismos como las asociaciones público-privadas u obras por impuestos constituye una alternativa.

Recomendaciones de política

Los resultados del estudio son sumamente elocuentes. Por un lado, se aprecian impactos claros en el destino de la producción hacia las ventas, pero esto no necesariamente tiene un correlato con el crecimiento de la producción del sector. Esto podría explicarse por el hecho de que el desarrollo agrícola no solo requiere la habilitación de carreteras, sino también un paquete de infraestructura que proporcione las condiciones necesarias para que los productores puedan ofrecer productos de calidad, tales como la mayor dotación y el mantenimiento oportuno de infraestructura de riego, el incremento de microrreservorios en zonas altoandinas, el manejo transparente por parte de las juntas de regantes y comisiones de juntas de riego, una mayor información hacia el productor por parte del MINAGRI en lo referente al uso de semillas mejoradas y fertilizantes, la búsqueda de mercados para productos regionales, entre otras.

Ello va en línea con Valdivia (2010), quien explica que los caminos son un factor clave, pero insuficiente, para conducir al desarrollo de los espacios. Para potenciar los efectos sobre el bienestar de la población, más allá de permitirle incrementar su acceso a los mercados, se requiere el uso de bienes públicos complementarios.

En ese sentido, una recomendación puntual es ampliar la dotación de infraestructura complementaria en los departamentos donde las brechas son mayores. Como ha sido mencionado, el mapa propuesto es coincidente de algún modo con la estrategia de focalización de la política social del Estado peruano, cuya población objetivo prioritaria —llamada *población en proceso de inclusión* (PEPI), de acuerdo con la Estrategia Nacional de Desarrollo e Inclusión Social Incluir para Crecer— se concentra precisamente en las localidades rurales de la zona sur del Perú. De este modo, la focalización de los esfuerzos de atención mediante programas de infraestructura social —como el Fondo para la Inclusión Económica en Zonas Rurales (FONIE), por ejemplo— tiene pleno sentido, pues está dirigida a la población que presenta las mayores limitaciones de acceso a estos activos en el país.

Por otro lado, utilizando la interpretación de Faber (2013), los resultados también parecen mostrar que, a pesar de la dotación de vías, el impacto sobre la inversión en activos de capital o tecnología productiva es sumamente limitado, lo cual podría deberse a que, con la presencia de mayores caminos y mejor conectividad, los factores tienden a migrar en parte hacia las grandes ciudades, donde su rendimiento es mayor. En ese sentido, existe espacio para el desarrollo de medidas que incentiven el uso de estos factores para potenciar los impactos de las vías en la producción.

Adicionalmente, se recomienda no dejar de optar por mecanismos que permitan la movilización de recursos financieros mediante asociaciones público-privadas y obras por impuestos. Involucrar al sector privado en la asignación y gestión de recursos en infraestructura vial de alta rentabilidad social —como son las carreteras de penetración— dinamizará el ámbito geográfico en beneficio de los productores rurales, y contribuirá a la reducción de la actual brecha de infraestructura en carreteras —que alcanza, aproximadamente, US$ 13 000 millones— (Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional 2012).

Finalmente, la mayor dotación de carreteras —y la mejora de estas— no es lo único que se puede hacer, ni siquiera lo principal a largo plazo, tal como afirma Iguiñiz (1998). Se sugiere la implementación de iniciativas que incrementen la movilización de productos de alto valor por unidad de peso, sea seleccionando aquellos que por sus características ya lo tienen o bien transformándolos para elevar su valor. El autor concluye señalando que cuanto menor sea el costo de transporte, menor tendrá que ser la ventaja competitiva respecto de productores cercanos al mercado final para poder llegar a este en condiciones similares. Ciertamente, dichas iniciativas podrían ser promovidas por el MINAGRI o por el Ministerio de la Producción (PRODUCE).

[11] Toda vez que, cuando la vía es construida —y asfaltada—, se logra un gran ahorro de tiempo y de costos de transporte; sin embargo, después de ello, mayores avances en la reducción de costos de transporte son lentos y marginales.

BIBLIOGRAFÍA

Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional. 2012. *Por un Perú integrado. Plan Nacional de Infraestructura 2012-2021.* Lima: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN), Instituto de Regulación de la Universidad ESAN y Universidad del Pacífico.

Ahmed, R. y Donovan, C. 1992. *Issues of Infrastructural Development: A synthesis of literature.* International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Banco Mundial. 2009. *La agricultura, motor del crecimiento y de la reducción de la pobreza.* Washington D. C., Asociación Internacional de Fomento.

Banco Mundial. 1994. *World Development Report 1994: Infrastructure for Development.* World Bank and Oxford University Press, Inc.

Banerjee, A., Duflo, E. y Qian, N. 2012. *On the Road: Acces to transportation infraestructure and economic growth in China*. NBER Working Paper N.° 17897, marzo.

Bangladesh Institute of Development Studies (BIDS). 2004. *Poverty Impact of Rural Roads and Markets Improvement and Maintenance Project of Bangladesh*, mimeo.

Binswanger, H. P., Khander, S. R. y Rosenzweig, M. 1993. *How Infrastructure and Financial Institutions Affect Agricultural Output and Investment in India*. Journal of Development Economics 41: 337-366.

Chauvin, N. D. y Porto, G. 2011. *Market competition in Export Cash Crops and Farm Income,* African Center for Economic Transformation and Universidad de La Plata.

Cotlear, D. 1989. *Desarrollo campesino en los Andes: cambio tecnológico y transformación social en las comunidades de la sierra del Perú.* Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

De Janvry, A. y Sadoulet, E. 2004. *Hacia un enfoque territorial del desarrollo rural.* Universidad de Berkeley. Cuarto Foro Temático Regional de América Latina y el Caribe, Costa Rica.

Dercon, S., Gilligan, D. O., Hoddinott, J. y Woldehanna, T. 2007. *The impact of roads and agricultural extension on consumption growth and poverty in fifteen Ethiopian villages* [CSAE Working Paper Series] (Tech. Rep. N.os 2007-01). Centre for the Study of African Economies, University of Oxford.

Deininger, K. y Okidi, J. 2003. *Growth and Poverty Reduction in Uganda, 1999-2000: Panel Data Evidence*. Development Policy Review, Vol. 21, pp. 481-509.

Escobal, J. y Ponce, C. 2012. *Una mirada de largo plazo a la economía campesina en los Andes*. En *Desarrollo rural y recursos naturales*. Lima, Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

Escobal, J. y Ponce, C. 2002. *El beneficio de los caminos rurales: ampliando oportunidades de ingreso para los pobres*. Documento de trabajo 40. Lima, Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

Faber, B. 2014. *Trade Integration, Market Size, and Industrialization: Evidence from China's National Trunk Highway System*. *Review of Economic Studies*, 81, 1046-1070.

Fan, S. y Chan-Kang, C. 2004. *Road development, economic growth, and poverty reduction in China*, IFPRI DSGD Discussion Paper 12, 86.

Fan, S., Hazell, P. y Thorat, S. 2000. *Government Spending, Growth, and Poverty in Rural India.* American Journal of Agricultural Economics, 82(4): 1038-1051.

Fernández, L. 2009. *Diagnóstico de los impactos integrados de la carretera Interoceánica Sur en la región Madre de Dios*. Fundación Moore-Wildlife Conservation Society.

Fort, R. y Fernando, A. 2006. *Impacto de los caminos rurales sobre las estrategias de obtención de ingresos de los hogares*. En Javier Iguiñiz, Javier Escobal y Carlos Iván Degregori (Eds.). *Sepia XI. Perú: El problema agrario en debate. Lima, Sepia, pp. 689-710.*

Foster, W. y Jara, E. 2005. *Diversificación de exportaciones agrícolas en América Latina y el Caribe: patrones y determinantes*. Economía Agraria, Vol. 9, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Fosu, K. N. 1995. *Public Goods and Services and Food Security: theory and modeling approaches with special reference to Ghana and Burkina Faso.* Accra Gahana, Réseau SADOC Seminar.

Iguiñiz, J. 1998. *Aplanar los Andes y otras propuestas.* Lima, Instituto Bartolomé de las Casas, Centro de Estudios y Publicaciones.

Jacoby, H. G. 1998. *Access to markets and the benefits of rural roads*. Policy Research Working Paper Series 2028, Washington D. C., The World Bank.

Jacoby, H. G. y Minten, B. 2009. On Measuring the Benefits of Lower Transport Costs. *Journal of Development Economics* 89, 28-38.

Jalan, J. y Ravallion, M. 2002. *Geographic poverty traps? A micro model of consumption growth in rural China*. Journal of Applied Econometrics 17, 329-346.

Jimenez, E. 1995. *Human and Physical Infrastructure: Public Investment and Pricing Policies in Developing Countries*. En E. Jere Behrman y T. N. Srinivasan, *Handbook of Development Economics,* Volume 3, Amsterdam, North Holland.

Kessides, C. 1993. *The contributions of infrastructure to economic development: A review of experience and policy implications*. Discussion Papers, World Bank, Washington D. C.

Khander, S.R., Bakht, Z. y Koolwal, G.B. 2006. *The Poverty Impact of Rural Roads: Evidence from Bangladesh*. World Bank Policy Research Paper 3875, April, Washington D. C.

Kingombe, C.K.M. y di Falco, S. 2012. *The Impact of a Feeder Road Project on Cash Crop Production in Zambia´s Eastern Province between 1997 y 2002.* Graduate Institute of International and Development Studies, Working Paper N.° 04, Génova.

Levy, H. 1996. Kingdon of Morocco: *Impact Evaluation Report, Socioeconomic Influence of Rural Roads,* Washington D. C., Operation Valuation Department, World Bank.

Lipton, M. y Ravallion, M. 1995. *Poverty and policy*. En H. Chenery y T. N. Srinivasan (eds). *Handbook of Development Economics,* vol. 3, cap. 41. Ámsterdam, Elsevier, pp. 2552-2657.

Martincus, C.V., Carballo, J. y Cusolito, A. 2014. *Routes, Exports, and Employment in Developing Countries: Following the Trace of the Inca Roads*. Inter-American Development Bank, mimeo.

Dell, M. 2010. *The persistent effects of Peru's mining mita*. Econometrica, Vol. 78, N.° 6, November, pp. 1863-1903.

Mu, R. y van de Walle, D. 2011. *Rural roads and local market development in Vietnam*. *The Journal of Development Studies,* 47 (5), 709-734.

Prud'homme, R. 2004. *Infraestructure and development*. Paper prepared for the ABCDE (Annual Bank Conference on Development Economics), Washington D. C.

Pulgar Vidal, J. 1938. *Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales,* Lima, Ed. Peisa.

Qin, Y. y Zhan, X. 2012. *The Road to Specialization in Agricultural Production. Evidence from Rural China.* Development Strategy and Governance Division, IFPRI Discussion Paper 01221, October.

Torero, M y Escobal, J. 2004. *Análisis de los servicios de infraestructura rural y las condiciones de vida en las zonas rurales del Perú.* Lima, GRADE.

Valdivia, M. 2010. *Contracting the road to development: Early impacts of a rural roads program, poverty and economic policy research network*. PMMA, Working Paper 2010-18.

Van de Walle, D. 2009. *Impact evaluation of rural road projects*. *Journal of Development Effectiveness,* 1, pp. 15-36.

Van De Walle, D. 1996. *Infrastructure and Poverty in Viet Nam.* Washington D. C.,World Bank.

Webb, R. 2013. *Conexión y despegue rural.* Lima: Instituto del Perú-Universidad de San Martín de Porres.

Wharton, C. 1967. *The Infrastructure for Agricultura Growth.* Southworth y Johnston.

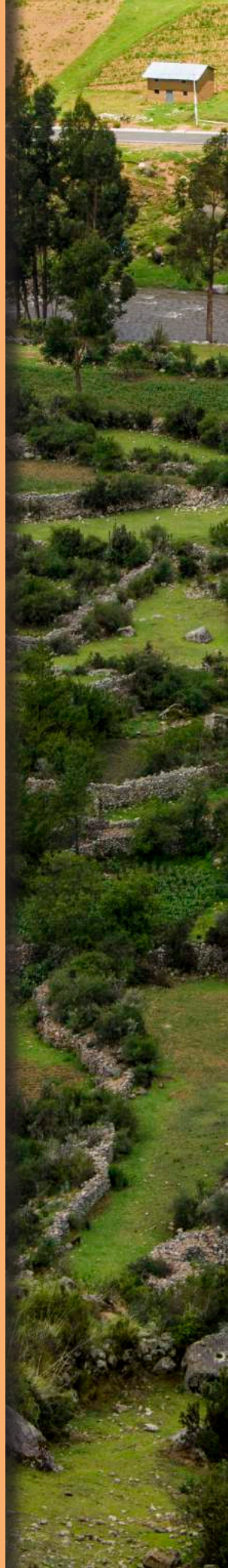
Willoughby, C. 2004. *Infrastructure and the Millennium Development Goals*. *Complementarity of Infrastructure for Achieving the Millennium Development Goals.* Berlin, United Nations, pp. 1-33.

Wooldridge, J.M. 2010. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno.* Cengage Learning.

Zegarra, E., Orihuela, J.C y Paredes, M. 2007. Minería y economía de los hogares en la sierra peruana: impactos y espacios de conflicto. Documento de trabajo 51. Lima, GRADE.

Publicaciones

- Conectividad para el desarrollo agrícola. Una mirada de largo plazo
- Necesidad, demanda y obtención de crédito en el sector agropecuario en el Perú
- Mercados laborales y efectos heterogéneos de la educación en la adopción tecnológica en la agricultura peruana
- Análisis espacial de la adopción de tecnologías agrarias en el Perú. Una mirada desde el Censo Nacional Agropecuario 2012
- La pequeña agricultura familiar en el Perú: una tipología microrregionalizada
- Seguridad de tenencia e inversiones en el agro peruano



CIES
consorcio de investigación económica y social
Construyendo conocimiento para mejores políticas

ISBN 978-92-5-309616-9
9 789253 096169
I6762ES/1/01.17