

CONECTIVIDAD VIAL EN LA GESTIÓN TERRITORIAL:  
UNA MIRADA DESDE LOS INDICADORES SOCIALES

*Angel Aronés Cisneros*  
<https://orcid.org/0000-0002-5064-7027>  
Instituto de Investigación Geográfico  
Andino Rural  
[a.aronescisneros@gmail.com](mailto:a.aronescisneros@gmail.com)

*Lizbeth Gesenia Sánchez Arias*  
<https://orcid.org/0000-0001-9097-8122>  
Universidad Nacional del Centro del Perú  
(UNCP)  
[lsancheza2203@gmail.com](mailto:lsancheza2203@gmail.com)

*César Julio Sánchez Vásquez*  
<https://orcid.org/0000-0001-7772-6799>  
Universidad de Ricardo Palma (URP)  
[arquelit@hotmail.com](mailto:arquelit@hotmail.com)

*Kevin Celso Melgar Aliaga*  
<https://orcid.org/0000-0002-6354-529X>  
Universidad Peruana Cayetano Heredia  
(UPCH)  
[kc.melgar@yahoo.com](mailto:kc.melgar@yahoo.com)

*Harry Frank Montellanos Cabrera*  
<https://orcid.org/0000-0001-9921-3388>  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
(UNMSM)  
[harry.montellanos@unmsm.edu.pe](mailto:harry.montellanos@unmsm.edu.pe)

*Franck Bryan Córdova Domínguez*  
<https://orcid.org/0000-0001-7132-254X>  
Universidad Alas Peruanas (UAP)  
[briiannfc97@gmail.com](mailto:briiannfc97@gmail.com)

*Brayan Pooll Vilela Aguilera*  
<https://orcid.org/0000-0002-3886-220X>  
Universidad Tecnológica del Perú (UTP)  
[bpvilelaa@policia.gob.pe](mailto:bpvilelaa@policia.gob.pe)

*Luz Marina Anampa Huanca*  
<https://orcid.org/0000-0002-9822-6563>  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
(UNMSM)  
[anampaluz.geo@gmail.com](mailto:anampaluz.geo@gmail.com)

*Franz Antony Mendoza Ramírez*  
<https://orcid.org/0000-0002-6326-4826>  
Universidad Católica Sedes Sapientiae  
(UCSS)  
[sumail9828@gmail.com](mailto:sumail9828@gmail.com)

*Edinson Manuel Bautista Salazar*  
<https://orcid.org/0000-0002-0769-6464>  
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo  
(UNPRG)  
[edibautistasalazar@hotmail.com](mailto:edibautistasalazar@hotmail.com)

Recibido: octubre, 2023.  
Aceptado: julio, 2024.

## **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación es analizar la conectividad vial en relación con los indicadores de analfabetismo, desnutrición, viviendas sin acceso al agua, pobreza no monetaria y acceso a internet. En la metodología, para la elaboración cartográfica de conectividad vial, se utilizó la ponderación por distancia o *inverse distance weighting* (IDW) en el software de ArcGis 10.8, en tanto los indicadores para los distritos se han extraído desde GeoPerú. Los resultados indican que la conectividad vial desempeña un papel crucial en el desarrollo socioeconómico de los distritos. Aquellos con una alta conectividad, como Moche, Huancán y Perené, presentan índices más bajos de analfabetismo, desnutrición, viviendas sin acceso a agua potable, pobreza no monetaria y hogares sin internet en comparación con los distritos de baja conectividad, como El Porvenir, Santo Domingo de Acobamba y Pichanaqui. Se concluye que la infraestructura vial es un factor clave para reducir la desigualdad y mejorar las condiciones de vida en áreas menos desarrolladas.

*Palabras clave:* gestión territorial, cartografía, conectividad vial, indicadores sociales.

## **Road Connectivity in Territorial Management: A Look from Social Indicators**

### **ABSTRACT**

The objective of this research is to analyze road connectivity in relation to the indicators of illiteracy, malnutrition, homes without access to water, non-monetary poverty and internet access. In the methodology for mapping road connectivity, distance weighting or inverse distance weighting (IDW) was used in the ArcGis 10.8 software, while the indicators for the districts have been extracted from GeoPerú. The results indicate that road connectivity plays a crucial role in the socio-economic development of the districts. Those with high connectivity, such as Moche, Huancán and Perené, have lower rates of illiteracy, malnutrition, homes without access to drinking water, non-monetary poverty and homes without internet compared to districts with low connectivity, such as El Porvenir, Santo Domingo de Acobamba and Pichanaqui. It is concluded that road infrastructure is a key factor in reducing inequality and improving living conditions in less developed areas.

*Keywords:* Territorial Management, Cartography, Road Connectivity, Social Indicators.

## INTRODUCCIÓN

La conectividad vial, como parte fundamental de la dinámica entre lo urbano y lo rural, se centra en establecer vínculos a través de servicios en el territorio permitiendo así la accesibilidad. Esto se traduce en una mayor conectividad que, a su vez, genera oportunidades económicas y vínculos culturales (Avella 2008). Según Cardozo y colaboradores (2009), la conectividad vial se refiere a los nodos que conectan pueblos, lo que facilita el movimiento de personas, mercancías e información. Rozas y Figueroa (2006) la definen como una cualidad que surge de los vínculos entre territorios y actividades. Esto conforma una red de corredores que movilizan bienes, servicios e individuos entre distintos puntos del territorio con características que dependen de aspectos físicos o estructurales.

El grado de conectividad refleja la estructura de la red y el nivel de desarrollo de la población. Por lo tanto, es esencial que al menos un distrito de una provincia tenga una conectividad relativamente alta para garantizar una buena articulación en los flujos sociales y comerciales tanto dentro del mismo como con otros distritos (Suel 2008). La conectividad vial, como unión e interrelación de puntos geográficos, establece relaciones de tránsito mediante infraestructuras terrestres con condiciones mínimas de accesibilidad (Matus et al. 2019).

Las comunicaciones terrestres, como autopistas, carreteras y senderos, componen la infraestructura de transporte del territorio y determinan el dinamismo y la movilidad de sus habitantes. La información cartográfica ayuda a evaluar el impacto de estas infraestructuras en el desarrollo, proporcionando indicadores que reflejan la situación de los pueblos (Pineda et al. 2006). El desarrollo territorial depende de la conectividad y la cohesión territorial, siendo la accesibilidad un factor relevante en las brechas sociales, económicas y ambientales de un territorio (Petrisor 2010).

Los fundamentos para comprender su evolución y aplicabilidad sobre el análisis de la conectividad vial están vinculados, en primer lugar, a la teoría de redes, perspectiva que considera las carreteras y vías de transporte como una red interconectada. Se analizan los nodos (ciudades, puertos) y los vínculos (carreteras, ferrocarriles) para comprender cómo la conectividad afecta el flujo de bienes, personas e información. Modelos matemáticos y herramientas de análisis de redes se utilizan para evaluar la eficiencia y la resiliencia de la infraestructura vial (Bautista 2018). En segundo lugar, la economía espacial examina cómo la conectividad vial influye en la distribución espacial de actividades económicas. La accesibilidad a través de carreteras afecta la localización de empresas, el acceso a mercados y la inversión en infraestructura (Cama & Lago 2024). En tercer lugar, en la geografía urbana se exploran cómo las redes viales afectan la estructura y función de las ciudades. Se considera la movilidad, la segregación espacial y la accesibilidad. Modelos como el “modelo gravitacional” ayudan

a predecir flujos de personas y bienes en función de la distancia y la conectividad (Jordán et al. 2017).

La gestión territorial implica la ejecución de un plan para alcanzar metas específicas, involucrando a actores sociales, políticos, económicos y técnicos en la ocupación y uso del territorio. Esto se basa en las características geográficas del área (Chiarella & Yakabi 2016). Elementos esenciales de la gestión territorial incluyen la identidad territorial construida por los habitantes, la institucionalidad territorial endógena y los instrumentos de manejo territorial (Gómez et al. 2003). Además, busca lograr un consenso entre las fuerzas sociales, el empresariado y las instituciones para aprovechar las potencialidades del territorio (Delgadillo & Torres 2009).

Desde la teoría urbana, la conectividad vial hace referencia a la red de ciudades y sus interconexiones dentro de un territorio específico. Estas interconexiones pueden ser de naturaleza económica, social, cultural y política. Dentro de estos sistemas, las ciudades se organizan en jerarquías basadas en su tamaño, funciones y roles (Muñoz et al. 2023). La conectividad y la accesibilidad son conceptos clave en la teoría urbana y del desarrollo territorial y se refieren a la facilidad con la que las personas y bienes pueden movilizarse entre diferentes plugares de una ciudad o entre distintas ciudades dentro de un sistema urbano. La conectividad alude a la existencia y calidad de las redes de transporte que enlazan diferentes lugares y su buen desarrollo implica rutas de transporte eficientes y rápidas que permiten el fácil acceso entre diferentes áreas urbanas y rurales. La accesibilidad, por su parte, es la capacidad de las personas para alcanzar los servicios y oportunidades necesarios, como empleo, educación, salud y ocio. La accesibilidad depende de la conectividad, pero también de factores como el costo del transporte, la disponibilidad de opciones de este servicio público, y las barreras físicas y sociales que pueden existir (Santos & de las Rivas 2008).

Los indicadores sociales son herramientas analíticas que representan situaciones de la población mediante cifras y ayudan a abordar problemas y tomar decisiones en políticas públicas. Se construyen a partir de datos estadísticos y permiten narrar una historia sobre fenómenos que no son evidentes ni medibles directamente, pero que reflejan las circunstancias objetivas de las personas en una unidad cultural o geográfica (Cecchini 2005).

Para el análisis mencionado, los indicadores se enfocan en áreas como el analfabetismo, la desnutrición, las viviendas sin acceso al agua, la pobreza no monetaria, el acceso a internet y el presupuesto. Proporcionan una visión integral de las condiciones sociales y económicas de una población, y son fundamentales para la toma de decisiones informadas (Gutiérrez-Espeleta 2002; Rubalcava et al. 2012).

## METODOLOGÍA

En la metodología se seleccionaron nueve provincias con sus respectivos distritos, pertenecientes a las regiones Costa y los Andes. Sin embargo, no se tomó en cuenta la Amazonía, debido a que la principal vía de comunicación en esta región es fluvial y aérea, en tanto que las vías de comunicación terrestre son limitadas.

Un aspecto importante para la elección de las capitales fue el contexto geográfico y demográfico de las ciudades mencionadas. Se consideró la ubicación geográfica y la densidad de población para determinar cuál de ellas tenía una mayor concentración de personas o una posición estratégica. Además, se investigó la infraestructura vial en cada ciudad, incluyendo el número de carreteras principales, autopistas o vías de transporte existentes. Esto ayudó a determinar la relevancia de cada ciudad como referencia. También, se tuvieron en cuenta los centros de actividad, como las principales instituciones gubernamentales, empresas o universidades. En la tabla 1, se muestran los ámbitos seleccionados.

**Tabla 1.** Provincias seleccionadas para el análisis.

| Departamentos | Provincias  |
|---------------|-------------|
| La Libertad   | Trujillo    |
|               | Huancayo    |
| Junín         | Chanchamayo |
|               | Tarma       |
| Ica           | Nasca       |
| Lambayeque    | Lambayeque  |
| Apurímac      | Andahuaylas |
| Áncash        | Huaraz      |
| Piura         | Piura       |

Las provincias seleccionadas fueron procesadas con la metodología de ponderación por distancia o *inverse distance weighting* (IDW) en el software de ArcGis 10.8 (Navarrete & López 2019). La red vial considerada para el procesamiento con el IDW fueron la nacional, departamental y la vecinal, propuestos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). La fórmula utilizada para este procesamiento fue la siguiente:

$$\hat{z}_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \cdot z_i$$

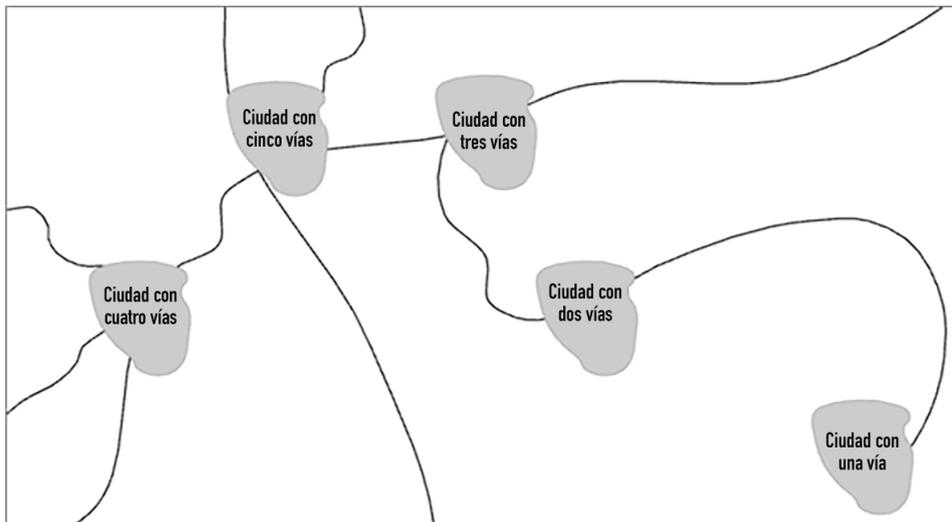
En esta fórmula  $\hat{z}_j$  es el valor estimado para el punto  $j$ ;  $n$ , el número de puntos usados en la interpolación;  $z_i$ , el valor en el punto  $i$ ; y  $k_{ij}$ , el peso asociado al dato  $i$  en el cálculo del nodo  $j$ . Los pesos  $k$  varían entre cero (0) y uno (1) para cada dato y la suma total de ellos es la unidad.

Para esta interpolación, se asignaron pesos acordes al número de vías de entrada o salida de la capital distrital. Los criterios de asignación de pesos fueron los siguientes:

- Muy bajo: cero vías.
- Bajo: una vía.
- Medio: dos vías.
- Alto: tres vías.
- Muy alto: más de cuatro vías.

Este enfoque asegura que la distribución de pesos refleje de manera adecuada la accesibilidad y la conectividad de cada provincia, lo que permite un análisis más preciso y consistente de la infraestructura vial y su impacto en el área de estudio.

La conectividad de una red de poblaciones—donde estas se consideran nodos— puede medirse de diferentes maneras. Una de ellas es a través del grado, que representa el número de vías que tiene cada nodo. Sin embargo, también es posible medir la conectividad considerando su intermediación y cercanía. En este trabajo, se está enfocando en la cantidad de vías de los nodos, no en su grado de intermediación o cercanía. En la figura 1, se muestra a modo de ejemplo las redes viales con número de vías.



**Figura 1.** Ejemplo de interpolación con IDW a partir de número de vías interconectadas en la capital distrital.

Se consideraron seis indicadores para analizar la cartografía de las redes viales: analfabetismo, desnutrición, viviendas sin acceso al agua, pobreza no monetaria, acceso a internet, y presupuesto 2021. Estos factores se tomaron en cuenta porque expresan la vulnerabilidad o calidad de vida de las personas en el territorio. Es decir, el poco avance de estos indicadores implica carencias que afectan el bienestar de la población (Ceplan 2019). Los indicadores se han extraído de fuentes de datos actualizadas de Perú que albergan información sobre diversos indicadores sociales y económicos (fig. 2).

Para el análisis de la cartografía de la interpolación de IDW de redes viales con los seis indicadores, se seleccionó dos distritos de cada provincia con alta o muy alta conectividad vial, y dos distritos con baja o muy baja conectividad vial. Esto permitió precisar la relación de los indicadores con la conectividad vial en cada distrito de la provincia.

Las etapas metodológicas fueron las siguientes:

*Recolección de datos.* La información de los seis indicadores fue obtenida de fuentes oficiales y bases de datos nacionales de Perú. Se emplearon herramientas de extracción y limpieza de datos para asegurar la integridad y precisión de la información recopilada.

*Ponderación y asignación de pesos.* Para la interpolación de datos, se utilizó la metodología de ponderación por distancia inversa (IDW) en el software ArcGIS 10.8. La red vial considerada incluyó la nacional, departamental y vecinal, según lo propuesto por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

*Análisis de la cartografía vial.* Se integraron los indicadores seleccionados con la cartografía vial utilizando el IDW para generar un mapa ponderado que refleje las condiciones de accesibilidad y conectividad de las provincias. Cada indicador fue ponderado de acuerdo con la metodología mencionada para evaluar su impacto relativo en la accesibilidad vial.

*Interpretación de resultados.* Los mapas resultantes proporcionaron una visualización clara de las áreas más vulnerables y su relación con la accesibilidad vial. Se identificaron patrones de vulnerabilidad basados en la superposición de los indicadores y la conectividad vial.

*Validación y verificación.* Los resultados fueron comparados con datos reales y otros estudios para validar su precisión y coherencia. Se realizaron los ajustes necesarios para mejorar la exactitud del análisis y las salidas obtenidas.

Estos procesos mencionados aseguran que los análisis y las salidas obtenidas reflejen de manera precisa la relación entre la infraestructura vial y los indicadores de vulnerabilidad seleccionados.

**PERÚ** Presidencia del Consejo de Ministros

**GEO PERÚ**

**TARMA ES UN DISTRITO DE LA PROVINCIA DE TARMA EN EL DEPARTAMENTO DE JUNÍN**

**Población**

- Nacional
- Provincia
- Distrito

**Población censada**  
29,381,084 12,846,038 89,590 47,775

**Número de viviendas**  
7,698,900 324,075 24,980 12,270

**Número de hogares**  
3,949,743 27,428 13,995

Fuente: ICF - Censos Nacionales 2017

**Pobreza no monetaria**

Porcentaje de la población que vive en pobreza no monetaria

2017 2018 2019 2020 2021 2022

25.3% 29.4% 21.8% 23.4% 25.6% 21.8%

**Agua y Saneamiento**

Porcentaje de la población que tiene acceso a agua y saneamiento

17.0% 18.1% 11.0% 29.3% 35.6% 17.1%

Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Pobreza de Vida (ENPV) 2022

**Salud**

Porcentaje de la población que tiene acceso a servicios de salud

15.4% 18.2% 14.1% 30.6% 36.2% 19.9%

14.1% 13.0% 86.3% 26.5% 31.1% 21.0%

202,292 1,011,603 232,729

Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Pobreza de Vida (ENPV) 2022

**Brecha Digital**

Porcentaje de la población que tiene acceso a internet

16.2% 19.5% 11.0% 66.3% 74.7% 70.2%

83.6% 77.0% 77.0%

Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Pobreza de Vida (ENPV) 2022

**Presupuesto de la Municipalidad Provincial de Tarma, 2021-2023 (S/)**

Presupuesto Total Ejecución 0 - 2021 86.89 % Ejecutado 93.39 % Ejecución 0 - 2022 48.99 % Ejecutado 86.77 % Ejecución 0 - 2023 29.99 % Ejecutado 65.19 %

**Presupuesto de las Municipalidades Distritales de la provincia de Tarma, 2021-2023 (S/)**

Presupuesto Total Ejecución 0 - 2021 79.13 % Ejecutado 73.00 % Ejecución 0 - 2022 79.39 % Ejecutado 76.72 % Ejecución 0 - 2023 29.99 % Ejecutado 42.98 %

Fuente: ICF - Contabilidad Anual, actualización a 20/02/2023

**Indicadores Sociales**

Departamento Provincia Distrito

**Educación Secundaria**

Comprensión Lectora (N) 14.5 17.7 9.7

Comprensión Matemática (N) 15.7 23.6 10.6

Comprensión Científica (N) 13.5 22.3 9.6

Comprensión Tecnológica (N) 17.0 29.3 10.9

**Educación Primaria**

Comprensión Lectora (N) 34.9 30.7 18.5

Comprensión Matemática (N) 35.4 36.4 11.4

Comprensión Científica (N) 35.4 36.4 11.4

Comprensión Tecnológica (N) 44.5 44.1 9.2

**Vivienda**

Hogares que acceden con línea de agua (N) 31.8 44.4 98.8

Hogares que acceden con línea de electricidad (N) 42.0 43.2 98.7

Hogares que acceden con línea de gas (N) 24.9 46.9 99.0

**Trabajo**

Población económicamente activa (N) 4.5 2.1 0.3

Población económicamente inactiva (N) 2.1 2.2 0.3

**Analfabetismo**

Población analfabeta (N) 53.889

**Identidad**

Población que tiene DNI (N) 98.8

Población indocumentada (N) 99.0

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2017

**Municipalidad Provincial de Tarma**

Ejecución presupuestal por fuentes de financiamiento (S/)

| Fuente de Financiamiento                                       | 2021       | 2022       | 2023       |
|--|------------|------------|------------|
| TOTAL  | 39,351,662 | 34,106,987 | 34,653,829 |
| Recursos Ordinarios  | 6,933,320  | 3,974,260  | 5,203,031  |
| Condonación Municipal  | 13,642,890 | 11,872,308 | 15,746,377 |
| Impuestos Municipales  | 2,598,350  | 2,296,772  | 3,427,536  |
| Recursos Directamente Recaudados                               | 4,490,637  | 4,057,608  | 5,058,696  |
| Donaciones y Transferencias                                    | 511,111    | 484,237    | 0          |
| Concesión y Subvención Regional, Pertenencia y Participaciones | 4,328,764  | 4,134,071  | 5,406,249  |
| Recursos por Operaciones Oficiales de Crédito                  | 8,156,799  | 7,287,791  | 0          |

Fuente: ICF - Contabilidad Anual, actualización a 20/02/2023

Figura 2. Modelo de reporte de indicadores de Geo Perú (Presidencia del Consejo de Ministros 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis cartográfico mediante la interpolación de IDW, las provincias que cuentan al menos con dos distritos con muy alta conectividad vial son Chanchamayo, Andahuaylas, Huaraz, Tarma y Piura. En tanto, aquellas que tienen por lo menos un distrito con muy alta conectividad vial se ubican en Trujillo, Huancayo, Nazca, Lambayeque. Asimismo, las provincias que reúnen mayor número de distritos con baja conectividad vial están en Lambayeque, Andahuaylas y Huaraz, mientras que las que tienen mayor número de distritos con conectividad vial medio son Huancayo, Tarma y Piura.

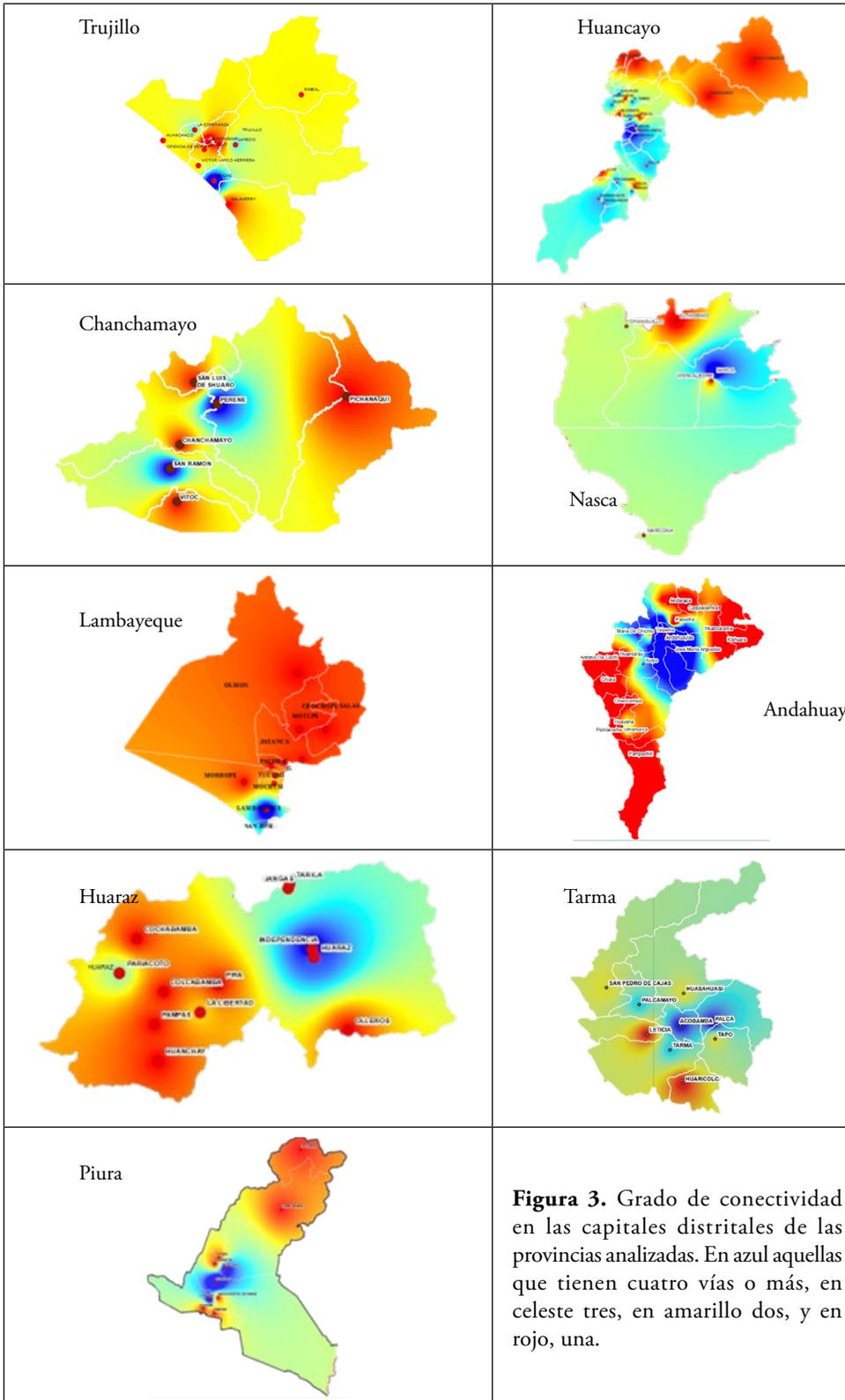
En las nueve provincias analizadas, la capital es la que posee muy alta conectividad. Esto implica que, por lo menos, existen cuatro vías terrestres que interconectan a la ciudad, mientras que los distritos sin categoría de capital se caracterizan por tener entre una y tres vías de conectividad (fig. 3).

Para Pérez (2020: 2), la conectividad es uno de los factores esenciales para un crecimiento sostenible y acceso igualitario a los servicios de salud, educación y justicia, así como a otros servicios sociales y administrativos necesarios para un desarrollo con igualdad. Además, facilita la provisión de otros servicios de infraestructura esenciales como la electricidad, agua y saneamiento. En tanto, su carencia contribuye a la sensación general de abandono que expresan usualmente los habitantes de territorios urbanos y rurales. Por estas razones, la Agenda 2030 para el Desarrollo de las Naciones Unidas prevé un entorno de igualdad en la provisión y calidad de los servicios de infraestructuras para disminuir la pobreza y aislamiento.

Los distritos seleccionados de cada provincia para el análisis con los seis indicadores fueron aquellos con muy alta y baja conectividad (tabla 2).

**Tabla 2.** Distritos seleccionados para el análisis con los indicadores sociales.

| Departamentos | Provincias  | Distritos                  |                           |
|---------------|-------------|----------------------------|---------------------------|
|               |             | Muy alta conectividad vial | Baja conectividad vial    |
| La Libertad   | Trujillo    | Moche                      | El Porvenir               |
| Junín         | Huancayo    | Huancán                    | Santo Domingo de Acobamba |
|               | Chanchamayo | Perené                     | Pichanaqui                |
|               | Tarma       | Acobamba                   | Huaricolca                |
| Ica           | Nasca       | Nasca                      | El Ingenio                |
| Lambayeque    | Lambayeque  | Lambayeque                 | Salas                     |
| Apurímac      | Andahuaylas | Andahuaylas                | Pampachiri                |
| Áncash        | Huaraz      | Huaraz                     | Huanchay                  |
| Piura         | Piura       | Catacaos                   | Las Lomas                 |



En relación con los indicadores, el distrito de El Porvenir, cuya conectividad es baja, tiene el mayor porcentaje de analfabetismo, viviendas sin acceso al agua, pobreza no monetaria y hogares sin internet; mientras que el distrito de Moche, con muy alta conectividad, posee el menor porcentaje de indicadores comparado con el primero. Para Karmakar y colaboradores (2023), en el sistema de monitoreo de salud de los pacientes, la conectividad debe contar con una infraestructura adecuada a lo largo del territorio.

En el presupuesto para el año 2021, el distrito de El Porvenir tuvo más de 64 millones de soles, frente a Moche con un poco más de 28 millones (tabla 3). Estas cifras evidencian que, a pesar de tener un presupuesto mucho menor, el distrito de Moche ha podido afrontar con mayor efectividad la disminución de las brechas en los indicadores analizados. Las instalaciones de infraestructura vial tienen un papel crucial en el desarrollo de los pueblos al proporcionar conectividad de las ciudades para humanos y bienes (Farahani & Farahani 2023).

**Tabla 3.** Indicadores de los distritos de El Porvenir y Moche en la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

| Distrito    | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Moche       | Muy alta          | 9,0               | 8,0              | 9,4                              | 14,5                     | 62,1                     | 28.481.696               |
| El Porvenir | Baja              | 10,7              | 5,7              | 20,6                             | 18,0                     | 80,5                     | 64.218.890               |

Las tablas 3-11 son de elaboración de los autores con datos de Geo Perú (Presidencia del Consejo de Ministros 2022).

El distrito de Huancán con muy alta conectividad posee indicadores con menor porcentaje de analfabetismo, desnutrición, viviendas sin acceso al agua, pobreza monetaria y hogares sin internet, a pesar del menor presupuesto frente al distrito de Santo Domingo de Acobamba, que con uno mayor al de Huancán mantiene altos índices en los indicadores analizados (tabla 4). De esta manera, Zhou y colaboradores (2022) indican que se requieren medidas efectivas para mejorar la accesibilidad vial contrarrestando impactos de fenómenos naturales. Asimismo, Ksouri y colaboradores (2022) señalan que la no disponibilidad de comunicación vial plantea grandes problemas, lo que reduce hasta en 27% la entrega oportuna de productos en las localidades.

**Tabla 4.** Indicadores de los distritos de Huancán y Santo Domingo de Acobamba en la provincia de Huancayo, departamento de Junín.

| Distrito                  | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|---------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Huancán                   | Muy alta          | 10,9              | 20,0             | 24,7                             | 22,7                     | 83,8                     | 6.874.796                |
| Santo Domingo de Acobamba | Baja              | 20,3              | 20,4             | 84,2                             | 43,2                     | 100                      | 7.782.329                |

En Perené, la conectividad es muy alta frente a Pichanaqui. En los indicadores, tanto analfabetismo, desnutrición, viviendas sin acceso al agua y pobreza no monetaria, es mucho menor que Pichanaqui con índices altos. El presupuesto de este distrito para el año 2021 superó los 50 millones de soles, mientras que Perené recibió un poco más de 46 millones. Sin embargo, los indicadores no se condicen con el presupuesto, pero sí con la conectividad vial (tabla 5). La centralidad en algunas ciudades, con una posición estratégica en la red urbana, las convierte en centros de comercio y se benefician de los efectos indirectos de estar cerca de más personas. Una de las medidas dice relación con el número de vías que las conectan, además del número de viajes entre ciudades y el tamaño de la ciudad y el tiempo de viaje. Esto significa que las ciudades más grandes están mejor conectadas a la red. La mayoría de las pequeñas aglomeraciones urbanas son corredores aislados. Sin embargo, las ciudades menores pueden tener un alto nivel de intermediación si tienen un alto grado y proximidad a grandes áreas urbanas.

**Tabla 5.** Indicadores de los distritos de Perené y Pichanaqui en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

| Distrito   | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Perené     | Muy alta          | 12,8              | 12,1             | 33,8                             | 47,4                     | 96,3                     | 46.244.170               |
| Pichanaqui | Baja              | 13,4              | 16,0             | 46,1                             | 55,0                     | 93,2                     | 50.125.393               |

En los distritos de Acobamba y Huaricolca, los indicadores defieren. En el primero, que posee conectividad muy alta, se tiene un índice menor frente al segundo, que mantiene mayores brechas, a pesar de que su presupuesto es poco mayor al de Acobamba (tabla 6). Para Wu y colaboradores (2022), la calidad y la eficiencia de las vías de comunicación se puede mejorar a partir de imágenes de detección remota de alta resolución. Comparar cualitativa y cuantitativamente los resultados de las pruebas demuestra vías eficientes en integridad y conectividad. Asimismo, Aoki y colaboradores (2022) indican

que las ciudades y redes viales ha caracterizado la actividad y el movimiento humano durante milenios. Sin embargo, el impacto preciso que tiene el paisaje en la ubicación, el tamaño y la conectividad de las ciudades es un problema de larga data sin resolver.

**Tabla 6.** Indicadores de los distritos de Acobamba y Huaricolca en la provincia de Tarma, departamento de Junín.

| Distrito   | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Acobamba   | Muy alta          | 10,6              | 14,3             | 12,6                             | 25,7                     | 94,8                     | 6.027.544                |
| Huaricolca | baja              | 14,4              | 17,5             | 34,9                             | 37,8                     | 96,3                     | 6.146.925                |

El distrito de Nasca se encuentra mejor posicionado en sus indicadores frente a El Ingenio, que presenta porcentajes elevados de los indicadores que poco o nada favorecen el desarrollo humano (tabla 7). Para Chaurey y Le (2022), el desarrollo y mantenimiento de infraestructura evidencian la efectividad en la actividad económica local. Tanto la electrificación rural como la conectividad fueron mecanismos importantes que impulsaron impactos más fuertes incrementando el empleo. Es decir, mejorar las condiciones de la infraestructura puede impulsar la actividad económica, especialmente al estimular las microempresas.

**Tabla 7.** Indicadores de los distritos de El Ingenio y Nasca en la provincia de Nasca, departamento de Ica.

| Distrito   | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nasca      | Muy alta          | 8,2               | 4,6              | 39,5                             | 21,6                     | 77,8                     | 112.495.042              |
| El Ingenio | baja              | 11,5              | 5,1              | 10,6                             | 33,8                     | 97,0                     | 16.766.575               |

El distrito de Lambayeque con conectividad muy alta se encuentra mejor posicionado en sus indicadores que el de Salas que muestra indicadores desfavorables para el desarrollo humano (tabla 8). Según Yang y colaboradores (2022), el estado de las redes viales condiciona el rendimiento, el funcionamiento y el desempeño en la redistribución del flujo de tráfico en la red vial. Esto implica directamente un mayor o menor desarrollo social en un pueblo.

**Tabla 8.** Indicadores de los distritos de Lambayeque y Salas en la provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.

| Distrito   | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lambayeque | Muy alta          | 9,5               | 17,2             | 17,1                             | 16,5                     | 66,1                     | 107.292.917              |
| Salas      | Baja              | 22,1              | 19,0             | 23,3                             | 37,6                     | 99,1                     | 9.926.255                |

Andahuaylas es un distrito con conectividad muy alta y se encuentra mejor posicionado en sus indicadores frente al distrito de Pampachiri, que presenta indicadores desfavorables para el desarrollo humano (tabla 9). Para Wang y colaboradores (2022), los desafíos urbanos se enmarcan cada vez más en el contexto de desarrollo socioeconómico y evoluciones macrorregionales, donde las conectividades óptimas de sus ciudades en las redes de transporte contribuyen a su desarrollo.

**Tabla 9.** Indicadores de los distritos de Andahuaylas y Pampachiri en la provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

| Distrito    | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Andahuaylas | Muy alta          | 13,7              | 15,7             | 5,5                              | 20,9                     | 81,0                     | 94.439.836               |
| Pampachiri  | baja              | 22,4              | 29,1             | 24,8                             | 40,1                     | 99,6                     | 4.092.895                |

El distrito de Huaraz cuenta con una conectividad muy alta y se encuentra mejor posicionado en sus indicadores frente al de Huanchay, que muestra indicadores desfavorables para el desarrollo humano (tabla 10). Para Sharma y colaboradores (2022), las redes viales pueden ser proveedores de servicios de medios de transporte públicos o privados que pueden mejorar los indicadores vinculados a las brechas de la población.

**Tabla 10.** Indicadores de los distritos de Huanchay y Huaraz en la provincia de Huaraz, departamento de Áncash.

| Distrito | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Huaraz   | Muy alta          | 10,1              | 17,7             | 5,2                              | 18,8                     | 66,6                     | 87.742.561               |
| Huanchay | baja              | 13,1              | 0                | 10,5                             | 46,7                     | 100                      | 3.814.994                |

El distrito de Catacaos, con conectividad muy alta, se encuentra mejor posicionado en sus indicadores como analfabetismo, viviendas sin acceso al agua, y hogares sin

internet. En tanto el distrito de Las Lomas, que presenta baja conectividad, está mejor posicionado que el primero en los indicadores de desnutrición y pobreza no monetaria.

En relación con el presupuesto, Las Lomas tuvo para el año 2022 más de 63 millones de soles frente a Catacaos con un poco más de 34 millones (tabla 11). La conectividad, según Luo y Yang (2022), juega un papel importante para garantizar las funciones de la infraestructura y el transporte de suministros, lo que genera soluciones a favor del desarrollo de la población. Asimismo, de acuerdo con Rezagui y Moussa (2022), las redes viales con alto rendimiento favorecen la mejor comunicación entre ciudades lo que contribuye con avances en indicadores de desarrollo.

**Tabla 11.** Indicadores de los distritos de Catacaos y Las Lomas en la provincia de Piura, departamento de Piura.

| Distrito  | Conectividad vial | Analfabetismo (%) | Desnutrición (%) | Viviendas sin acceso al agua (%) | Pobreza no monetaria (%) | Hogares sin internet (%) | Presupuesto 2021 (soles) |
|-----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Catacaos  | Muy alta          | 13,1              | 16,5             | 18,9                             | 56,8                     | 88,6                     | 34.349.410               |
| Las Lomas | baja              | 15,1              | 9,8              | 57,6                             | 34,6                     | 98,3                     | 63.663.146               |

Segura (2021) señala que la infraestructura vial del país está vinculada con su nivel de competitividad. Las ciudades con mayores accesos a redes viales se caracterizan por su desarrollo en diversas dimensiones económicas, sociales, entre otros. Asimismo, para Hincapie y colaboradores (2017), el impacto de las redes viales incide sobre la probabilidad de ascender en el rendimiento educativo para los estudiantes rurales.

La centralidad en algunas ciudades con una posición estratégica en la red urbana las convierte en centros de comercio, situación que resulta beneficiosa debido a los efectos indirectos de estar cerca de más personas. Este fenómeno se mide por el número de vías que las conectan, el número de viajes entre ciudades, el tamaño de la ciudad y el tiempo de viaje. Las ciudades más grandes están mejor conectadas a la red, mientras que la mayoría de las pequeñas aglomeraciones urbanas son corredores aislados. Sin embargo, las ciudades pequeñas pueden tener un alto nivel de intermediación si poseen un elevado grado de proximidad a grandes áreas urbanas.

El distrito de Nasca está mejor posicionado en sus indicadores en comparación con El Ingenio, que presenta porcentajes elevados en indicadores que no favorecen el desarrollo humano. El distrito de Lambayeque, con muy alta conectividad, se encuentra mejor posicionado en sus indicadores frente al distrito de Salas, que tiene indicadores desfavorables para el desarrollo humano. La alta conectividad vial de estos distritos facilita no solo el acceso a servicios básicos, sino también la atracción de inversiones y el desarrollo de infraestructuras. Una mejor infraestructura vial promueve la localización de empresas e industrias, que a su vez generan empleo y desarrollo económico.

En este sentido, la gobernanza juega un papel crucial en la planificación y ejecución de proyectos de desarrollo que mejoren la conectividad vial y, por ende, los indicadores socioeconómicos de la población.

La relación histórico-espacial y la conectividad vial de un distrito son determinantes para mejorar los indicadores de desarrollo humano. La inversión en infraestructuras viales, el financiamiento adecuado y una gobernanza eficiente son elementos clave para lograr un desarrollo sostenible y equitativo en las distintas regiones del país.

## **CONCLUSIONES**

La conectividad vial influye significativamente en el desarrollo socioeconómico de los distritos. Aquellos con muy alta conectividad, como Moche, Huancán y Perené, presentan menores índices de analfabetismo, desnutrición, viviendas sin acceso a agua potable, pobreza no monetaria y hogares sin internet, en comparación con distritos de baja conectividad, como El Porvenir, Santo Domingo de Acobamba y Pichanaqui. Esto indica que la mejora en la infraestructura vial puede ser un factor clave para reducir la desigualdad y mejorar las condiciones de vida en áreas menos desarrolladas.

A pesar de las variaciones en los presupuestos asignados, la conectividad vial demuestra ser un factor determinante en el desarrollo de las ciudades. Los distritos como Huancán y Catacaos, con menor presupuesto, pero alta conectividad, presentan mejores indicadores socioeconómicos comparados con distritos como Santo Domingo de Acobamba y Las Lomas, que cuentan con mayores presupuestos, pero baja conectividad.

En este estudio, se ha demostrado una clara relación entre la conectividad vial y los indicadores sociales en las comunidades. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones y considerar para futuros estudios. En primer lugar, no se ha profundizado en las condiciones específicas de las vías. Aunque la conectividad puede parecer alta en términos de infraestructura vial, es necesario evaluar la intensidad de uso y las condiciones de mantenimiento. Por ejemplo, una comunidad puede tener varias vías, pero si solo se utiliza un pequeño porcentaje de ellas debido a problemas de mantenimiento o seguridad, la verdadera conectividad podría ser menor de lo que parece. En segundo lugar, no se han establecido correlaciones causales en este estudio. Si bien se han identificado una relación entre conectividad e indicadores sociales, no se puede afirmar que la primera variable tenga causa directa en los cambios de la segunda. Se sugiere que futuras investigaciones exploren estas relaciones más a fondo, considerando factores como el acceso a servicios básicos, la densidad poblacional y las dinámicas económicas locales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realizó gracias al curso de “Sistemas de información geográfica aplicado a la gestión del territorio”, organizado en Perú por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA).

## REFERENCIAS

- Aoki, T., N. Fujiwara, M. Fricker & T. Nakagaki 2022. A Model for Simulating Emergent Patterns of Cities and Roads on Real-world Landscapes. *Scientific Reports* 12 (1). <https://doi.org/10.1038/S41598-022-13758-1>
- Avella, C. 2008. *Modelo de conexión rural - urbano: estrategia de conectividad a través de centros poblados rurales para el desarrollo territorial integrado*. Proyecto de grado de Magister en Planeación Urbana y Regional, Facultad de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. <<http://hdl.handle.net/10554/171>> [consultado: 01-06-2022].
- Bautista, A. F. 2018. Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el micro-sistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica* 23 (1): 123-141. <https://doi.org/10.19053/01233769.8058>
- Cama, M. & N. Lago 2024. *Carreteras y efectos spillovers: impacto de la conectividad vial en el crecimiento del stock de micro y pequeñas empresas*. Trabajo de Investigación de Magister en Economía, Escuela de Postgrado, Universidad del Pacífico, Lima. <[https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/4295/Cama%2C%20Mayda\\_Trabajo%20de%20investigacion\\_Maestria\\_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/4295/Cama%2C%20Mayda_Trabajo%20de%20investigacion_Maestria_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> [consultado: 04-06-2022].
- Cardozo, O., E. Gómez & M. Perras 2009. Teoría de grafos y sistemas de información geográfica aplicados al transporte público de pasajeros en Resistencia (Argentina). *Revista Transporte y Territorio* 1: 89-111. <https://doi.org/10.34096/RTT.I1.223>
- Cecchini, S. 2005. Indicadores sociales en América y el Caribe. *CEPAL, Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos* 34.
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. 2019. *Vulnerabilidad de las personas en el territorio: más allá del ingreso*. Lima: CEPLAN.
- Chaurey, R. & D. Le 2022. Infrastructure Maintenance and Rural Economic Activity: Evidence from India. *Journal of Public Economics* 214 (2). <https://doi.org/10.1016/J.PUBECO.2022.104725>
- Chiarella, J. & K. Yakabi 2016. Planificación y ordenamiento territorial. Consideraciones a partir del caso peruano. *Revista Política e Planejamento Regional* 3 (2): 137-158.
- Delgadillo, J. & T. Torres 2009. La gestión territorial como instrumento para el desarrollo rural. *Estudios Agrarios* 15 (42): 55-75.

- Farahani, H. & A. Farahani 2023. Study on Drainage of Pavement Layers and Improvement Strategies: Case Study. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering* 11 (1): 111-126. <https://doi.org/10.22075/JRCE.2022.25393.1575>
- Gómez, I., S. Kandel & H. Rosa 2003. *Gestión territorial rural: enfoque, experiencia y lecciones de Centroamérica*. El Salvador: Prisma.
- Gutiérrez-Espeleta, E. 2002. *Indicadores sociales: una breve interpretación de su estado de desarrollo*. Buenos Aires: FLACSO.
- Hincapie, G., I. Montoya & J. Bustamante 2017. El impacto de las vías rurales en el desempeño educativo en Antioquia (Colombia): un modelo prohibitivo ordenado. *Ecos de Economía* 21 (44): 72-85. <https://doi.org/10.17230/ecos.2017.44.3>
- Jordán, R., J. Riffo & A. Prado 2017. *Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe. Dinámicas y desafíos para el cambio estructural*. Santiago: CEPAL.
- Karmakar, K., S. Saif, S. Biswas & S. Neogy 2023. An Intelligent Vehicular Communication-Based Framework to Provide Seamless Connectivity in WBAN. *Lecture Notes in Electrical Engineering* 902 (2): 583-591.
- Ksouri, C., I. Jemili, M. Mosbah & A. Belghith 2022. Hybrid Routing for Safety Data with Intermittent V2I Connectivity. *Vehicular Communications* 38. <https://doi.org/10.1016/J.VEHCOM.2022.100519>
- Luo, Z. & B. Yang 2022. Connectivity Restoration of Urban Road Networks with Multi-vehicle Systems: A Reinforcement Learning Approach. *IEEE Systems Journal* 16 (3): 4731-4734. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2022.3181146>
- Matus, J., R. Herrera, E. Atencio & E. Pellicer 2019. Análisis de conectividad vial para la planificación urbana: casos de estudios Valparaíso (Chile) y Valencia (España). En *XXIII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos*. Málaga: Asociación de los profesionales de la Dirección e Ingeniería de Proyectos de España.
- Muñoz, E., Y. Sarmiento & M. Quintero 2023. Sistemas urbanos nacionales y conectividad. Análisis desde ciudades intermedias en Guatemala, Cuba y Colombia Urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana* 15. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20210407>
- Navarrete, M. & A. López 2019. Importancia de los espacios comunes: una adaptación de la técnica de interpolación espacial inverse Distance Weighted (IDW) en la predicción de datos socioeconómicos ausentes. En *Abordajes teóricos, impactos externos, políticas públicas y dinámica económica en el desarrollo regional*, vol. 1. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México-Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C.
- Pérez, G. 2020. Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial. *Boletín FAL* 377 (1).
- Petrisor, A. 2010. Orientation of Communication Routes and Balanced Regional Development. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management* 5 (7): 32-45.

- Pineda, F., M. Schmitz, I. De Aranzabal & M. Álvarez 2006. Territorial Connectivity. Horizontal Processes in the Landscape and Interferences by Human Transport. *Carreteras* 4 (150): 26-42.
- Presidencia del Consejo de Ministros. 2022. *Geo Perú*. <<https://visor.geoperu.gob.pe/reporte/050201>> [consultado: 09-10-2024].
- Regragui, Y. & N. Moussa 2022. Impact of Mobility Design on Network Connectivity Dynamics in Urban Environment. *Simulation Modelling Practice and Theory* 119 (3): 35-49. <https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2022.102577>
- Rozas, P. & O. Figueroa 2006. *Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: análisis de experiencias internacionales*. Santiago: CEPAL.
- Rubalcava, N., J. Salazar & P. Fernández-Berrocal 2012. Indicadores sociales, condiciones de vida y calidad de vida en jóvenes mexicanos. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología* 5 (1): 71-80.
- Santos, L. & J. L. de las Rivas 2008. Ciudades con atributos: conectividad, accesibilidad y movilidad. *Ciudades* 11: 13-32. <https://doi.org/10.24197/ciudades.11.2008.13-32>
- Segura, M. 2021. *Análisis y evaluación de la infraestructura vial como indicador de competitividad en Perú, periodo 2008-2019*. Tesis para optar el grado de Maestro en Transporte y Conservación Vial, Escuela de Postgrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. <<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7773>> [consultado: 01-06-2022].
- Sharma, M., P. Kumar & R. Tomar 2022. Vehicular Connectivity Algorithm for Cooperative Transportation Systems. *Computers and Electrical Engineering* 102 (3). <https://doi.org/10.1016/J.COMPELECENG.2022.108199>
- Suel, L. 2008. *Organización territorial de la provincia Andahuaylas*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Mayor de San Marcos, Lima. <<https://cyber-tesis.unmsm.edu.pe/item/1017e207-c1e3-4788-9b88-e02bd74e7513>> [consultado: 04-07-2022].
- Wang, M., B. Derudder, C. Kunaka & X. Liu 2022. Regional integration in the Horn of Africa through the lens of inter-city connectivity. *Applied Geography* 145(2). <https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2022.102754>
- Wu, Y., Q. Zhao & Y. Li 2022. Top-to-down Segment Process Based Urban Road Extraction from High-resolution Remote Sensing Image. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 25 (3): 851-861. <https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2022.08.004>
- Yang, Z., R. Zheng, G. Wang & K. Zhou 2022. A Dynamic Road Network Model for Coupling Simulation of Highway Infrastructure Performance and Traffic State. *Sustainability* 14 (18): 11-24. <https://doi.org/10.3390/SU141811521>
- Zhou, R., H. Zheng, Y. Liu, G. Xie & W. Wan 2022. Flood Impacts on Urban Road Connectivity in Southern China. *Scientific Reports* 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20882-5>