

INVERSIÓN PÚBLICA EN INFRAESTRUCTURA Y CRECIMIENTO REGIONAL EN PERÚ, 2005-2020: UN ANÁLISIS BASADO EN TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO CAUSAL¹

TELLO, Mario D.*

Resumen. En contraste con la extensa literatura sobre los impactos de la inversión en infraestructura pública sobre el crecimiento regional, y basado en un diseño experimental con técnicas de Aprendizaje Automático (*Machine Learning*), este trabajo examina la posible causalidad de dichos impactos en un país en desarrollo de ingreso medio, el Perú, donde los gobiernos subnacionales aún dependen de las transferencias del gobierno central para sus inversiones. Usando las bases de datos de Transparencia Económica del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (MEF, 2024), los resultados sugieren que las inversiones públicas en infraestructura (totales y componentes) en los tres estamentos de gobierno (central, regional, y local) no causan crecimiento regional en las 24 regiones (departamentos) del Perú en el periodo 2005-2020. Al parecer, dicho crecimiento depende de factores estándar tales como los ingresos derivados de los recursos naturales, las inversiones en capital, y la fuerza laboral.

Abstract. In contrast to the extensive literature on the impacts of investment in public infrastructure on regional growth and based on an experimental design with Machine Learning techniques, this work examines the possible causality of said impacts in a middle-income developing country, Peru, where subnational governments still depend on transfers from the central government for their investments. Using the Economic Transparency databases of the Ministry of Economy and Finance of Peru (MEF, 2024), the results suggest that public investments in infrastructure (total and components) in the three levels of government (central, regional, and local) They do not cause regional growth in the 24 regions (departments) of Peru in the period 2005-2020. Such growth appears to depend on standard factors such as income derived from natural resources, capital investments, and the labor force.

JEL: O18, P25, R11

Key Word: Regional Growth, Machine Learning, Public Investment

1. Introducción

“Las inversiones en infraestructura pública (en energía, telecomunicaciones y redes de transporte) tienen un impacto directo en el crecimiento, ya que todo tipo de

¹ El autor agradece el financiamiento provisto por el Vicerrectorado de Investigación de la PUCP en los usuales concursos de investigación y a Braulio Escobar por su excelente asistencia

*Mario D. Tello, Profesor e Investigador, Departamento de Economía, Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima (Perú). E-mail: mtello@pucp.edu.pe; mtello@gmail.com

<https://www.researchgate.net/profile/Mario-Tello-2>

<https://www.pucp.edu.pe/profesor/mario-tello-pacheco/publicaciones>

infraestructura representa un insumo esencial en cualquier producción de bienes y servicios” (World Bank 2022).

Desde los escritos de Biehl (1982), Diamond & Spence (1984), Aschauer (1989, 1990), Aaron (1990, 1991) Munnell & Cook (1990), y Munnell (1992) el rol de la inversión en infraestructura pública sobre el crecimiento económico a nivel nacional y regional ha sido objeto de una amplia literatura teórica y empírica.

Sin embargo, a pesar de que los estudios de la literatura analizan diversos países y regiones, y usan diferentes métodos econométricos, ninguno de ellos ha abordado el tema de causalidad entre ambos.

Basado en un diseño no experimental, este trabajo, examina la posible causalidad entre la inversión pública en infraestructura y el crecimiento regional para un país en desarrollo de ingreso medio, el Perú.

Con técnicas de Machine Learning (Aprendizaje Automático²) Causal desarrollados por Belloni, Chernozhukov, y Hansen (2014a, b), Chernozhukov, Chetverikov, Demirer, Duflo, Hansen, Newey, y Robins (2018, 2017), Baiardi & Naghi (2020), y Klosin & Vilgalys (2022) las estimaciones pretender reducir los sesgos originados por variables confusas³ (confounding en inglés) o por el sobre ajuste (overfitting⁴ en inglés) de variables en la especificación de la incidencia de la infraestructura en el crecimiento.

El trabajo consta de cuatro secciones. La Sección 1, una revisión breve de la literatura es presentada. La Sección 2 describe la base de datos y la metodología. La Sección 3 ofrece los resultados de las estimaciones. La Sección 4, resume los principales hallazgos y ofrece reflexiones de política originado por los resultados.

² El aprendizaje automático es una rama de la *inteligencia artificial* (AI en sus siglas en inglés) y la informática que se centra en el uso de datos y algoritmos para imitar la forma en que aprenden los humanos, mejorando gradualmente su precisión. IBM señala a Samuel (1959) como el que acuñó el término "aprendizaje automático". El aprendizaje automático es un componente importante del creciente campo de la ciencia de datos. Mediante el uso de métodos estadísticos, los algoritmos se entrenan para hacer clasificaciones o predicciones, descubriendo información clave dentro de los proyectos de minería de datos (data mining). (<https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>). Por otra parte, AI es una rama de la informática que se ocupa de la construcción de máquinas inteligentes capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Más detalles en <https://builtin.com/artificial-intelligence>

³ Confounding variables o variables confusas son aquellas que son difícil de medir y que afectan tanto a la supuesta variable de interés (X) y a la variable resultado (Y). Así, si Z es la variable confusa y sí, $Y \leftarrow Z \rightarrow X$, entonces $X \rightarrow Y$. La estimación del modelo: $Y = X\beta + \varepsilon$ produciría estimaciones sesgadas de β .

⁴ En términos simples el problema de ‘overfitting’ o sobreajuste de un modelo es una condición en la que un modelo estadístico comienza a describir el error aleatorio en los datos en lugar de las relaciones entre las variables. Este problema ocurre cuando el modelo es demasiado complejo. En el análisis de regresión, el sobreajuste puede producir valores de R-cuadrado, coeficientes de regresión y p-values engañosos.

2. Breve Revisión de la Literatura

De acuerdo con OPEN AI-GPT 3.5 (<https://openai.com/>) existen varios mecanismos mediante los cuales la inversión pública en infraestructura productiva puede incidir en el crecimiento de las regiones de una economía. Entre los principales figuran, el rol catalizador de dicha inversión⁵ en el proceso de crecimiento de las regiones, la reducción de los costos de transacción, la mejora de la conectividad y el facilitar el movimiento eficiente de bienes y personas. También, la infraestructura tiene un efecto multiplicador en la economía por sus efectos en el empleo (directo e indirecto) y producción de los sectores que producen los insumos del sector de infraestructura o de aquellos que requieren los servicios que se derivan de la inversión en infraestructura. Otro mecanismo es que la inversión en infraestructura puede tener un rol en los auges o crisis del producto regional como impulsador de la demanda y empleo y que además, la infraestructura genera economías de aglomeración⁶ que inducen crecimiento regional. Finalmente, la inversión en infraestructura por los servicios que ofrece incrementa una serie de aspectos como los del capital humano, generación de tecnología, y la calidad de vida que mejoran el crecimiento de las regiones.

Desde los escritos de Hirschman (1958) y Diamond & Spence (1984), los impactos de la infraestructura pública sobre el crecimiento regional y los mecanismos⁷ que subyacen en estos impactos han sido objeto de una extensa literatura teórica y empírica⁸ incluyendo trabajos para la economía peruana.⁹ A pesar de ello, la literatura, particularmente la empírica ha tenido proposiciones en cierto sentido opuestas. Por un lado, están las optimistas que señalan que la infraestructura pública es crítica para el proceso de desarrollo de las regiones (e.g., Foster, Gorgulu, Straub, Vagliasindi 2023 y Grimes 2020) y la ‘pesimista’ que señala que los resultados de la relación entre infraestructura y crecimiento regional dependen de la metodología de investigación, el método de estimación, la medición de insumos, cobertura de países, tipo de infraestructura, alcance geográfico, el período de investigación, el tipo de datos juegan un papel importante en la obtención de resultados positivos o negativos.

Adicionalmente, el análisis positivo se basa no sólo en los aspectos de crecimiento de la región que recibe la infraestructura sino de los efectos de desbordamiento (‘spillovers effect’) sobre otras regiones, los efectos sobre la salud, la calidad de vida, empleo entre

⁵ Tales como pistas, carreteras, puentes, aeropuertos, comunicaciones, telecomunicaciones, servicios públicos como suministro de agua y energía.

⁶ Glaeser (2010). define el concepto de este tipo de economías.

⁷ Entre los mecanismos se incluyen: el grado de accesibilidad a ciudades/regiones/al país, los efectos distributivos de accesibilidad, la existencia de planificación espacial y planificación urbana, la productividad de los factores de producción, el tipo de mercado laboral y estructura y calificación del empleo, la aglomeración población, el valor inmobiliario (precios residenciales), y los flujos comerciales, interregionales e intersectoriales (detalles en Rosik & Wójcik 2023).

⁸ Resúmenes recientes de esta literatura son detallados en: Foster, Gorgulu, Straub, Vagliasindi (2023), Ekeocha, Ogbuabor, Orji (2022); Fischer & Nijkamp (2020), Khan, Khan, Jiang, Khan (2020); Seidu, Young, Ryan (2020); Ferrari, Bottasso, Conti, y Tei (2019); Elburz, Nijkamp, y Pels (2017a y 2017b), Shi (2013), y el resto de las referencias listadas al final del texto.

⁹ Como el caso del trabajo de Urrunaga & Aparicio (2012). Ellos también sintetizan la literatura entre 1989 y 1996.

otros. Los estudios de Guisán y Frías (1995) y Guisán y Aguayo (2001) señalan los impactos de los servicios público sobre el valor agregado real en el desarrollo en regiones europeas.

Por otro lado, muy pocos estudios han abordado el tema de la causalidad y no existe trabajos que verifiquen las causalidad en las regiones. Los trabajos de Eisner (1991), Elburz, Nijkamp, y Pels (2017) y Grimes (2021) plantean ideas básicas sobre la causalidad, sin verificarlas estadísticamente. Al respecto, Grimers (2021) sostiene que no existe una relación causal consistente entre nueva infraestructura y crecimiento regional. La relación en cualquier dirección depende de si la nueva inversión es óptima para cada nivel de crecimiento. En caso de inversiones mayores a las óptimas, dicha inversión no produciría crecimiento, lo contrario ocurriría si las inversión fuera subóptima. Por su parte Eisner (1991) y Elburz *et al* (2017) solo mencionan que se requiere definir la direccionalidad de la causalidad entre la inversión pública y el crecimiento.

El presente trabajo desarrolla una metodología de diseño no experimental para examinar, por primera vez la validez de la causalidad de la inversión pública sobre el crecimiento regional en la economía peruana. Las siguientes secciones expone esta.

2. Base de Datos y Metodología

La geografía y los aspectos económicos y sociales del Perú y sus regiones (o departamentos) al igual que muchos países del mundo¹⁰ tienen características particulares y heterogéneas como se muestra en el Cuadro A1 del anexo.

De acuerdo con el Índice de Desarrollo Regional, IDR, de Coaquira, Tudela, Jiménez (2022)¹¹, el grado de ‘desarrollo económico’ es muy dispar entre regiones. Así, las regiones menos desarrolladas (tales como Loreto y Huancavelica) tienen un nivel menor a la mitad a las regiones más desarrolladas (tales como Lima-Callao, donde se localiza la capital del Perú, y Arequipa). Más aún, el IDR está asociado estadísticamente a la productividad total factorial, PTF, y laboral, PL de las regiones. Por otro lado, las regiones relativamente más desarrolladas concentran mayor proporción de población que las regiones menos desarrolladas. Como resultado, la región capital (Lima-Callao) concentran más de la tercera parte de la población total del Perú (de aproximadamente 32 millones de habitantes). A pesar de las diferencias, la mayoría de las regiones tienen como sectores bases sectores intensivos en el uso de recursos naturales tales como Agricultura, Caza, y Silvicultura (Agr), Pesca, y Minería (Min) e intensivos en el uso de mano de obra no calificada, tales como Servicios (Ser) y Comercio (Com) donde se concentra la mayor proporción del empleo informal. Las regiones relativamente más desarrolladas tienen como sector base el sector manufacturero intensivo en el uso del capital. Finalmente, el espacio geográfico, o específicamente la dicotomía entre el área urbana (Pob. Urb) y la rural al parecer domina y está asociada estadísticamente a todos los indicadores del desarrollo (PTF, PL, e IDR).

¹⁰ Ver los trabajos de Ebertz (1990), Elburz, Nijkamp, Pels (2017b), Fischer & Nijkamp (2020).

¹¹ El IDR tiene 4 componentes, económico, social, medioambiental e institucional.

Bajo este contexto de heterogeneidad regional en muchos aspectos, las instituciones de gobierno están centralizadas a pesar del proceso de descentralización iniciados en el 2022. Así, en el caso de las regiones del Perú, los gobiernos subnacionales (gobierno regional, GR y local, GL) continúan dependiendo, para sus gastos e inversiones, de transferencias del gobierno central (GC) y otras fuentes. Para fines de la metodología propuesta y basados en diferentes estudios¹², el proceso de inversiones públicas de los gobiernos subnacionales en el Perú tiene las siguientes características:

i) Los gobiernos subnacionales GSN no son entes autónomos. A la fecha, no tienen acceso a la recolección de impuestos directos e indirectos las cuales son de exclusividad del gobierno central. Así la mayor parte de los ingresos de los GSN provienen del GC por transferencias y otras fuentes.

ii) Parte de los ingresos de los GSN provienen del CANON a la actividad primaria (minería, agricultura, ganadería, pesca, y silvicultura). Sin embargo solo 17 regiones de las 24¹³ (que se analizan en este trabajo) obtienen ingresos por dicha actividad.

En general, por la multiplicidad de fuentes de ingreso que tienen los GL¹⁴, los ingresos de los GL son mayores que el de los GR.¹⁵

iii) Existen mucha discrecionalidad en las transferencias del GC a los GSN¹⁶ y no necesariamente dichas transferencias están asociadas a la actividad económica de las áreas subnacionales.

iv) Las deficiencias en capital humano en la administración y gestión de recursos de los GSN, y los trámites burocráticos para que se efectiven las transferencias a los GSN generan déficit en la ejecución de los ingresos recibidos por esto gobiernos subnacionales. Así, de acuerdo con la cifras del MEF (2024) en promedio de los presupuestos anuales del 2019 y 2021, los tres estamentos del gobierno (GC, GR, GL) ejecutaron el 83% del presupuesto asignado, siendo el menor porcentaje de 70.4% del GL.

La principal implicancia de estas características de los GSN es que la dirección de la causalidad (económica y efectiva) difícilmente puede ser desde el crecimiento a la inversión pública de las regiones. Pruebas estadísticas no reportadas confirman esta

¹² Entre otros, INDE (2007) Vega (2008), CIES (2009, 2015) y Tello (2016).,

¹³ La región Lima incluye la región Callao para las estimaciones y cálculos realizados en este trabajo. Esto significa que el estudio trabaja con 24 regiones.

¹⁴ Existe 1891 gobiernos locales (municipalidades provinciales y distritales) distribuidos en 25 regiones (antes departamentos) del Perú. Entre las otras fuentes de ingreso que tienen los GL figuran el Fondo de Compensación Municipal destinados a áreas locales alejadas de la capital en zonas rurales y pobres y el Impuesto de Promoción Municipal.

¹⁵ De acuerdo con el MEF (2024) en el 2021, la distribución de los ingresos de los tres estamentos de gobierno fueron 59.1%; 30.2% y 10.7% para los GC, GL y GR respectivamente.

¹⁶ Detalles en https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100848&lang=es-ES&view=article&id=2305

implicancia.¹⁷ Con esta premisa, la metodología y base de datos comprende la inferencia causal de la inversión pública en infraestructura hacia la tasa de variación del PBI regional.¹⁸

Dados estos argumentos y las pruebas estadísticas realizadas, la metodología de la inferencia causal parte de la especificación ad-hoc [1] que relaciona las tasa de crecimiento del PBI regional ($dlnY_{rt}$) con la variable de interés, la tasa de inversión pública en infraestructura por región¹⁹ ($SIPUB_{rt}$), y el vector de variables de control ($\vec{X}_{rt}$).

$$[1] \quad dlnY_{rt} = \alpha + \gamma \cdot SIPUB_{rt} + \vec{X}'_{rt} \cdot \vec{\gamma} + \alpha_r + \varepsilon_{rt}; r = 1, 24; t = T_0, T(2020);$$

$$\vec{\gamma}' = (\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_K)$$

La nomenclatura e indicadores descriptivos de todas las variables, la dependiente (la tasa de crecimiento del PBI real regional, $dlnY_{rt}$), las variables de interés ($SIPUB_{rt}$) y las de control ($\vec{X}_{rt}$) son descritas en el Cuadro 1. La ecuación [1] incluye los efectos fijos regionales (α_r) y el término estocástico (ε_{rt}) con los supuestos estándar.

El Cuadro 2.1 presenta los promedios y desviaciones estándar de todas las variables consideradas en [1]. Las principales características de las cifras del cuadro y la lista de las variables son, en primer lugar, se examina los efectos de doce tasas de inversión pública en infraestructura regional obtenidas del MEF (2024) sobre los valores agregados reales de las regiones del INEI (2024). Las primeras cuatro tasas son las inversiones públicas en infraestructura totales de cada estamento de gobierno más la suma de todas estas tres tasas, que es, la inversión pública en infraestructura total. De acuerdo con los datos del BCRP (2024), la tasa de inversión pública real promedio anual del Perú, periodo 2004-2021 es de 4.5%. La respectiva tasa total que incluye todas las regiones y todos los años del mismo periodo del Cuadro 1 es de 7.8%²⁰. Luego existen dos grupos de estas 4 tasas de inversión pública. Un grupo para la tasa de inversión pública en proyectos de inversión de infraestructura en transporte (aéreo, terrestre, y

¹⁷ Para ello se realizaron dos pruebas estadísticas. La primera es el ‘test’ de exogeneidad de Wu (1974)-Hausman (1978) cuya hipótesis nula es que la variable de interés la tasa de inversión pública regional sea exógena. El instrumento usado para cada tasa de inversión es la tasa de variación anual de dicha inversión. El segundo ‘test’ usado es el de Stock & Yogo. (2005) cuya hipótesis nula es si los instrumentos usados son débiles para las pruebas de exogeneidad. Para la mayorías de las tasas de inversión analizadas (Cuadro 1) las tasa de variación anual de dichas inversiones resultaron no débiles.

¹⁸ El PBI es medido por el valor agregado real (base 2007) de cada región.

¹⁹ Esta tasa se mide como el porcentaje de la inversión pública real en infraestructura (base 2007) del PBI real para cada región ‘r’ periodo ‘t’.

²⁰ Las diferencias entre tasas se deben a: i) diferencias de definiciones entre ambas fuentes BCRP (2024), MEF (2024); ii) diferencias en las mediciones, la del BCRP (2024) en un tasa promedio ponderado anual de todas las regiones y la del Cuadro 1 es una tasa promedio anual simple para todos los años del periodo y las 24 regiones; y iii) la tasa de inversión pública del MEF (2024) es con respecto al valor agregado real de cada región, la respectiva del BCRP es con respecto al PBI real de la economía peruana.

marítimo) y el segundo grupo para proyectos de infraestructura en desarrollo productivo incluyendo actividades en Ciencia, Tecnología y Comunicaciones (CTI). Todas ellas consideradas variables de interés que pueden influir en el crecimiento de cada región de acuerdo con los mecanismos descritos en la sección anterior.

Segundo, en promedio para el periodo 2005-2020, la tasa de inversión pública en infraestructura total (relativa al PBI regional) es liderada por el GL, seguida por el GC y GR.²¹ En cambio, la respectiva tasa inversión en infraestructura en transporte es mayor para el GC, seguida por el GL y luego el GR. En el caso de la tasa de inversión en proyectos de desarrollo productivo (que incluye proyectos en Ciencia, Tecnología e Innovación. CTI), lidera, en promedio para el periodo, la tasa de los GR, seguido por la tasa de inversión del GL y luego el GC.

Tercero, las variables de control por región y periodo ‘t’ tomadas en cuenta en la especificación [1] asociadas al crecimiento regional son: el stock del valor real (base 2007) del capital, el stock de mano de obra ocupada, la tasa de capital humano, el grado de urbanización, un indicador de los recursos naturales, el promedio de aranceles y el valor real (base 2007) de las exportación. Las dos primeras variables son parte de los componentes de la función de producción de la región y el resto de las variables son indicadores de diversas teorías de crecimiento regional tales como las asociadas a las teorías del capital humano (asociadas al crecimiento endógeno regional), las teorías de urbanización, las teorías de la base economía y la incidencia del comercio internacional y las política comercial en el crecimiento regional.

Con este conjunto de variables se estima la ecuación [1] con el método de panel data balanceado con efectos fijos. Los resultados de las estimaciones se describen en el Cuadro 2. El método de panel, sin embargo, no aborda el problema de las variables confusas ni el del sobre ajuste (o exceso de variables) el cual produce sesgo en la estimación de los parámetros de la ecuación [1]. Belloni, Chernozhukov, Hansen (2014), Chernozhukov, Chetverikov, Demirer, Duflo, Hansen, Newey, Robins (2017 y 2018) proponen métodos de estimación de Machine Learning causal (MLC), denominado Double Debiased Machine Learning (DML) las cuales abordan estos problemas produciendo estimadores menos sesgados. Por su parte, Klosin & Vilgalys (2022), basados en los métodos de Chernozhukov, Newey, Singh (2022), extiende el método DML para datos de panel y con variable de interés continua.

En lo que resta de la sección se presenta de forma muy breve el método DML de Klosin & Vilgalys (2022) basados en las ideas de Facure Alves (2022) y Hernán & Robbins (2204). El punto de partida de la idea básica del DML es el teorema de FWL²², que aplicada a la especificación [1], en términos del operador diferenciales, esta se convierte en la ecuación [2].

$$[2] \quad \Delta \ln Y_{rt} = \gamma \cdot \Delta SIPUB_{rt} + \overline{\Delta X'}_{rt} \cdot \vec{\gamma} + \Delta \varepsilon_{rt}; \quad \vec{\gamma}' = (\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_K)$$

²¹ Cabe señalar que en esta inversión no se ha incluido proyectos de inversión en servicios como educación, salud, y vivienda.

²² Expuesto en Frisch & Waugh (1933) y Lovell (1963, 2008)

El operador se aplica para eliminar de [1] los efectos fijos. El estimador $\hat{\gamma}$ de la variables de interés $SIPUB_{rt}$ de acuerdo con el teorema FWL puede ser obtenido de dos formas. La primera mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y la segunda, de la siguiente forma:

$$[3] \quad \Delta \ln Y_{rt} - (\overline{\Delta X'}_{rt} \cdot \tilde{\hat{\gamma}}_1) = \gamma \cdot (\Delta SIPUB_{rt} - \overline{\Delta X}_{rt} \tilde{\hat{\gamma}}_2) + \epsilon_{rt}$$

$$[3]' \quad \Delta \ln Y_{rt} = \overline{\Delta X'}_{rt} \cdot \tilde{\hat{\gamma}}_1 + \gamma \cdot (\Delta SIPUB_{rt} - \overline{\Delta X}_{rt} \tilde{\hat{\gamma}}_2) + \epsilon_{rt}$$

Donde $\tilde{\hat{\gamma}}_1$ se obtiene de la regresión de $\Delta \ln Y_{rt} = \overline{\Delta X'}_{rt} \cdot \tilde{\hat{\gamma}}_1$, siendo el error de esta regresión el elemento del lado izquierdo de [3] y $\tilde{\hat{\gamma}}_2$ se obtiene de la regresión $\Delta SIPUB_{rt} = \overline{\Delta X}_{rt} \cdot \tilde{\hat{\gamma}}_2$ siendo el error de esta segunda regresión la expresión del lado derecho de [3]. Transponiendo el segundo término del lado izquierdo de [3] al lado derecho se obtiene la ecuación [3]'. Esta ecuación permite distinguir los efectos de las variables de control o parámetros que causan 'ruido' (en inglés nuisance parameters), $\tilde{\hat{\gamma}}_1$ y $\tilde{\hat{\gamma}}_2$ del parámetro de interés, γ . El término $(\Delta SIPUB_{rt} - \overline{\Delta X}_{rt} \tilde{\hat{\gamma}}_2)$ es la variable de interés $SIPUB_{rt}$ neta del efecto de las variables de control sobre dicha variable.

La técnica de ML (machine learning), permite estimar ambos componentes introduciendo combinaciones de las variables de control y de formas funcionales no necesariamente lineales aumentando la probabilidad de reducir los sesgo originados por las variables de confusión y las ineficiencias derivadas del exceso de variables de control o del sobre ajuste de variables. Para el caso de la especificación de [1] de datos de panel, la especificación siguiendo a Klosing & Vilgalys (2022) es:

$$[4] \quad \ln Y_{rt} = \gamma_0(SIPUB_{rt}; \vec{X}_{rt}) + \alpha_r + \epsilon_{rt}; r = 1, 24; t = T_0, 2020;$$

Donde $\gamma_0(.)$ es una función (lineal o no lineal)²³ de la variable de interés $SIPUB_{rt}$; $\vec{X}_{rt}$, es el vector de variables de control $\vec{X}_{rt}$, y términos, α_r ; ϵ_{rt} son los efectos fijos y los aleatorios iguales a la ecuación [1]. La ecuación [4] asume que:

$$[5] \quad E(\epsilon_{rt}/SIPUB_{rt}; \vec{X}_{rt}) = 0$$

Para eliminar el efecto fijo por región, la ecuación [4] es transformada con el operador Δ en:

$$[4]' \quad \Delta \ln Y_{rt} = \Delta \gamma_0(SIPUB_{rt}; \vec{X}_{rt}) + \Delta \epsilon_{rt};$$

El objetivo de la estimación, o parámetro de interés es estimar de [4] o [4]', el parámetro τ ²⁴:

$$[6] \quad \tau = E\left(\frac{\partial \gamma_0}{\partial SIPUB_{rt}}\right) = E\left(\frac{d\Delta \gamma_0}{dSIPUB_{rt}}\right);$$

Este parámetro mide el efecto de un cambio marginal del tratamiento de la variable continua inversión pública en infraestructura de cada región y periodo sobre la tasa de crecimiento del PBI por región y periodo. Al igual que los estimadores 'pool' de

²³ Para fines de las estimaciones DML se ha considerado un polinomio de grado 2 para $\gamma_0(.)$.

²⁴ Cabe señalar que τ es una función de parámetros.

Chernozhukov, Chetverikov, Demirer, Duflo, Hansen, Newey y Robins (2018, 2017) y Chernozhukov, Newey, y Singh. (2022), la muestra es dividida en L grupos.²⁵ El estimador $\hat{\tau}$ del verdadero parámetro τ propuesto por Klosing & Vilgalys (2022) es un promedio simple de los estimadores $\hat{\tau}_l$ de cada grupo, L , donde $l = 1..L$. Específicamente la estimación de $\hat{\tau}_l$ y $\hat{\tau}$ se obtiene de:

[7]
$$\hat{\tau}_{lrt} = \frac{\partial \Delta y_{l0}(\cdot)}{\partial SPUB_{rt}} + \hat{\alpha}_l(SPUB_{rt}; SPUB_{rt-1}; \bar{X}_{rt}; \bar{X}_{rt-1}).(\Delta \ln Y_{rt} - \Delta \hat{y}_{l0}(\cdot))$$

[8]
$$\hat{\tau} = (N * (T - 1))^{-1} \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^{24} \sum_{t=2}^T \hat{\tau}_{lrt};$$

De acuerdo con Klosing & Vilgalys (2022), el estimador [8] es un estimador DML (debiased) porque se compone del promedio de dos estimaciones ML Lasso, según la ecuación [7]. El primer término es el efecto, de tipo ML, de la variable de interés sobre la tasa de crecimiento. El segundo término es el que ajusta o ‘debiased’ el primer término.²⁶ Ambos términos se optimizan vía el método Lasso.²⁷ Al igual que [3] o [3]’, el primer término de lado derecho de [7] mide el efecto neto de la variable de interés y el segundo término mide el efecto sobre la variable de impacto o resultado descontado el efecto de las variables de control.

Cuadro 2.1: Indicadores Descriptivos de las Variables 2005-2020			
Variables	Promedio	DS	Descripción
Dependientes, Crecimiento del PBI Regional (base 2007)			
$\ln Y_{rt}$	0,036	0,078	Diferencial del logaritmo del valor agregado real (base 2007) de la región r, período t
Variable de interés ($\bar{S}I_{rt}$; base 2007, por región r periodo t)			
$SIPUB_{TOTALrt}$	7,846	5,668	Tasa de Inversión pública real total como porcentaje del valor agregado real.
$SIPUB_{GCrt}$	2,743	3,11	Tasa Inversión pública real del gobierno central como porcentaje del valor agregado real.
$SIPUB_{GRrt}$	2,143	1,631	Tasa de Inversión pública en gobiernos regionales como porcentaje del valor agregado real.
$SIPUB_{GLrt}$	2,96	2,296	Tasa Inversión pública de gobiernos locales como porcentaje del valor agregado en la región r y periodo t.

²⁵ El estudio usa dos grupos para $L=2$ y $L=5$. Note para cada grupo L existe ‘ $l = 1..L$ ’ subconjunto de regiones del total de 24.

²⁶ La idea detrás de [7] es similar a la ecuación [3]’ donde la tasa de crecimiento es afectada por el efecto marginal de las variables de control y el efecto debiased (el efecto neto de la inversión pública descontado los efectos de las variables de control sobre esta inversión).

²⁷ Estos son una minimización de errores (que dependen de parámetros objeto de la minimización considerando una penalización por la norma del vector de parámetros. Usualmente las funciones $\Delta \hat{y}_{l0}(\cdot)$ y $\hat{\alpha}_l(\cdot)$ se asumen funciones polinómicas de grado p y p' respectivamente. En este trabajo se hizo las estimaciones del segundo términos siguiendo a Klosing & Vilgalys (2022). Ellos realizan un estudio de Monte Carlo y demuestran que sus estimadores tienen menores sesgo que otros alternativos como MCO, MCO con funciones polinómicas, y Lasso si corrección.

Cuadro 2.1: Indicadores Descriptivos de las Variables 2005-2020			
Variables	Promedio	DS	Descripción
$SITRANS_{TOTALrt}$	3,177	3,203	Tasa de Inversión pública real total en proyectos de transporte como porcentaje del valor agregado real. Incluye inversión en transporte terrestre, ferroviario, aéreo y fluvial.
$SITRANS_{GCrt}$	1,783	2,769	Tasa de Inversión pública real total en transporte del gobierno nacional como porcentaje del valor agregado real.
$SITRANS_{GRrt}$	0,569	0,594	Tasa de Inversión pública real en transporte en gobiernos regionales como porcentaje del valor agregado real.
$SITRANS_{GLrt}$	0,826	0,578	Tasa de Inversión pública real en transporte en gobiernos locales como porcentaje del valor agregado real.
$SIDP_{TOTALrt}$	0,811	0,688	Tasa de Inversión pública real total en proyectos de desarrollo productivo y CTI como porcentaje del valor agregado real. Incluye inversión en actividades primarias extractivas, industria y en ciencia, tecnología e innovación.
$SIDP_{GCrt}$	0,223	0,304	Tasa de Inversión pública real en desarrollo productivo y CTI del gobierno central como porcentaje del valor agregado real.
$SIDP_{GRrt}$	0,314	0,317	Tasa de Inversión pública en desarrollo productivo y CTI en gobiernos regionales como porcentaje del valor agregado real.
$SIDP_{GLrt}$	0,275	0,353	Tasa Inversión en desarrollo productivo y CTI en gobiernos locales como porcentaje del valor agregado real.
Covariables (región r periodo t)			
SL_{Hrt-2}	24,014	8,617	Población Económicamente Activa Ocupada mayor a 15 años, PEAO ocupada con educación superior a secundaria como porcentaje de la PEAO total.
$dlnL_{rt}$	0,01	0,042	Diferencial del logaritmo de la PEAO.
$SLURB_{rt-1}$	63,523	21,179	PEAO en áreas urbanas como porcentaje de la PEAO.
$dlnK_{rt}$	0,047	0,094	Diferencial del logaritmo del valor real (base 2007) del stock de capital. ¹
$dlnRN_{rt}$	0,029	0,177	Diferencial del logaritmo del valor real (base 2007) per cápita de la producción de sectores primarios intensivo en recursos naturales.
$dlnARAN_{rt}$	-0,096	0,135	Diferencial del logaritmo del promedio de los arancele.
$dlnE_{rt}$	0,028	0,471	Diferencial del logaritmo del valor real (base 2007) de las exportaciones.
Fuente: MEF (2024), INEI (2024, 2024a), SUNAT (2024). Elaboración propia. ¹ El valor del stock de capital es obtenido del valor actual de las inversiones por región desde 1950 hasta periodo ‘t’. Las inversiones regionales son estimadas como una proporción del valor de producción de los sectores base de cada región.			

3. Estimaciones y Resultados

Las cifras de los Cuadros del 3.1 a 3.4 presentan las estimaciones de panel data con efectos fijos de las 12 tasas de inversión pública en infraestructura, las totales, las de los gobiernos subnacionales y por tipo de proyectos inversión (de infraestructura de transporte y desarrollo productivo incluyendo proyectos de inversiones en CTI).

Las cifras de estos cuadros señalan, en primer lugar que, a excepción de algunas tasas de inversión pública de los gobiernos locales, con efectos positivos sobre el crecimiento de las regiones, y algunas pocas tasas de inversión pública total (de los tres estamentos de gobiernos) y de los gobiernos regionales, con efectos negativos sobre el crecimiento de las regiones, la mayoría de los coeficientes de los efectos de las inversiones públicas de los tres estamentos de gobierno no son estadísticamente significativos.

Segundo, los coeficientes de los factores productivos de capital y fuerza laboral son positivos y estadísticamente significativos en todas las regresiones y estamentos de gobierno.

Tercero, al igual que los factores productivos, los coeficientes de los recursos naturales y los aranceles son estadísticamente significativos en todas las regresiones y estamentos de gobierno. El efecto del primero es positivo, y el de los aranceles negativos. Este último sugiere que la liberalización comercial en el Perú ha incentivado la tasa de crecimiento económico de las regiones. Finalmente, el resto de los factores de control examinados no son relevantes, estadísticamente, en la incidencia sobre la tasa de crecimiento regional.

Las cifras del Cuadro 3.5 presentan los resultados del método DML de la posible causalidad de la tasa de inversión pública en infraestructura de los estamentos del gobierno considerando potenciales variable confusas y el exceso de variables de control. Para todos los grupos ($L=2$ y 5), los predeterminados de regiones, y los seleccionados de manera aleatoria, los resultados para la economía peruana sugieren que la inversión pública en infraestructura en los tres estamentos de gobierno no ha generado crecimiento en las regiones de la economía.

Muchas hipótesis pueden explicar los resultados.

La primera de ellas es el inadecuado proceso de descentralización que no genera autonomía en los GSN de áreas regionales y locales. La falta de ella, junto a las deficiencias de capital humano en la gestión y las originadas por los trámites burocráticos han afectado la ejecución de los proyectos de inversión.

La segunda, es la discrecionalidad de la transferencias de recursos del GC a los GSN. Esta discrecionalidad puede haber implicado que los proyectos de inversión pública de mayor incidencia en el crecimiento regional no hayan tenido los recursos necesarios para su implementación.²⁸ La tercera hipótesis es que los mecanismos de incidencia de la

²⁸ Sobre este problema la contraloría del Perú cita que cuarenta mil proyectos regionales aún no se ejecutan.

<https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/773729-mas-de-40-mil-proyectos-de-inversion-aprobados-por-s-230-mil-millones-a-la-fecha-no-inician-su-ejecucion>

inversión pública en el crecimiento no han funcionado o son débiles para incidir en dicho crecimiento.²⁹ Una adicional hipótesis, propuesta por un estudio de la OECD (2023, 2023a) es las deficiencia de la calidad de la inversión en infraestructura pública en el Perú.

Cuadros 3.1: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 con la Variable de Interés, la Tasa de Inversión Pública Total					
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$SIPUB_{TOTALrt}$	-0.000 (0.001)				
$SITRANS_{TOTALrt}$		0.000 (0.001)			
$SIDP_{TOTALrt}$			-0.008 ** (0.003)		
$SIPUB_{TOTALrt-1}$				0.000 (0.001)	
$SITRANS_{TOTALrt-1}$					-0.000 (0.000)
$SIDP_{TOTALrt-1}$					
$SIPUB_{TOTALrt-2}$					
$SITRANS_{TOTALrt-2}$					
$SIDP_{TOTALrt-2}$					
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.154 ** (0.070)	0.154 ** (0.070)	0.158 ** (0.070)	0.152 ** (0.069)	0.154 ** (0.070)
$SLURB_{rt-1}$	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.001)	0.001 (0.002)	0.002 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.309 *** (0.045)	0.307 *** (0.045)	0.307 *** (0.044)	0.307 *** (0.044)	0.308 *** (0.045)
$dlnRN_{rt}$	0.219 *** (0.033)	0.220 *** (0.033)	0.219 *** (0.032)	0.219 *** (0.033)	0.219 *** (0.033)
$dlnARAN_{rt}$	-18.326 *** (2.344)	-18.344 *** (2.340)	-18.094 *** (2.348)	-18.321 *** (2.332)	-18.369 *** (2.351)

²⁹ Detalles en Contraloría (2016).

Cuadros 3.1: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 con la Variable de Interés, la Tasa de Inversión Pública Total					
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$dlnE_{rt}$	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)
N*T	384	384	384	384	384
R ²	0.845	0.845	0.846	0.845	0.845

Cuadros 3.1: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 con la Variable de Interés, la Tasa de Inversión Pública Total				
Variables	(6)	(7)	(8)	(9)
$SIPUB_{TOTALrt}$				
$SITRANS_{TOTALrt}$				
$SIDP_{TOTALrt}$				
$SIPUB_{TOTALrt-1}$				
$SITRANS_{TOTALrt-1}$				
$SIDP_{TOTALrt-1}$	0.005 (0.004)			
$SIPUB_{TOTALrt-2}$		0.000 (0.001)		
$SITRANS_{TOTALrt-2}$			-0.001 (0.001)	
$SIDP_{TOTALrt-2}$				0.010 (0.006)
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.152 ** (0.070)	0.153 ** (0.070)	0.153 ** (0.069)	0.150 ** (0.068)
$SLURB_{rt-1}$	0.001 (0.002)	0.001 (0.001)	0.002 (0.002)	0.001 (0.001)
$dlnK_{rt}$	0.308 *** (0.045)	0.307 *** (0.044)	0.309 *** (0.045)	0.301 *** (0.041)
$dlnRN_{rt}$	0.218 ***	0.219 ***	0.220 ***	0.219 ***

Cuadros 3.1: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 con la Variable de Interés, la Tasa de Inversión Pública Total				
Variables	(6)	(7)	(8)	(9)
	(0.033)	(0.033)	(0.033)	(0.032)
$dlnARAN_{rt}$	-18.354 *** (2.318)	-18.241 *** (2.352)	-18.619 *** (2.355)	-18.115 *** (2.166)
$dlnE_{rt}$	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)
N*T	384	384	384	384
R ²	0.845	0.845	0.845	0.847

Fuente: INEI (2024), SUNAT (2024), BCRP (2024). Elaboración propia. Errores robustos en paréntesis. Tres, dos y un asteriscos representan niveles de significancia menores al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Cuadros 3.2: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasa de Inversión Pública del Gobierno Central					
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$SIPUB_{GNrt}$	0.000 (0.001)				
$SITRANS_{GNrt}$		0.000 (0.000)			
$SIDP_{GNrt}$			-0.004 (0.006)		
$SIPUB_{GNrt-1}$				-0.000 (0.000)	
$SITRANS_{GNrt-1}$					-0.000 (0.000)
$SIDP_{GNrt-1}$					
$SIPUB_{GNrt-2}$					
$SITRANS_{GNrt-2}$					
$SIDP_{GNrt-2}$					
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)

Cuadros 3.2: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasa de Inversión Pública del Gobierno Central					
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$dlnL_{rt}$	0.154 ** (0.070)	0.155 ** (0.070)	0.155 ** (0.069)	0.157 * (0.076)	0.156 * (0.076)
$SLURB_{rt-1}$	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.001 (0.002)	0.002 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.307 *** (0.046)	0.306 *** (0.045)	0.307 *** (0.044)	0.317 *** (0.048)	0.317 *** (0.048)
$dlnRN_{rt}$	0.220 *** (0.033)	0.220 *** (0.034)	0.220 *** (0.033)	0.219 *** (0.032)	0.219 *** (0.032)
$dlnARAN_{rt}$	-18.347 *** (2.331)	-18.347 *** (2.340)	-18.270 *** (2.298)	-0.957 *** (0.155)	-0.957 *** (0.155)
$dlnE_{rt}$	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)
N*T	384	384	384	360	360
R ²	0.845	0.845	0.845	0.849	0.849

Cuadros 3.2: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasas de Inversión Pública del Gobierno Central				
Variables	(6)	(7)	(8)	(9)
$SIPUB_{GNrt}$				
$SITRANS_{GNrt}$				
$SIDP_{GNrt}$				
$SIPUB_{GNrt-1}$				
$SITRANS_{GNrt-1}$				
$SIDP_{GNrt-1}$	0.007 (0.010)			
$SIPUB_{GNrt-2}$		-0.000 (0.001)		
$SITRANS_{GNrt-2}$			-0.001 (0.001)	

Cuadros 3.2: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasas de Inversión Pública del Gobierno Central				
Variables	(6)	(7)	(8)	(9)
$SIDP_{GNrt-2}$				0.012 (0.010)
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.155 * (0.075)	0.186 ** (0.075)	0.186 ** (0.075)	0.185 ** (0.075)
$SLURB_{rt-1}$	0.001 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.001 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.317 *** (0.048)	0.332 *** (0.051)	0.332 *** (0.051)	0.332 *** (0.051)
$dlnRN_{rt}$	0.218 *** (0.031)	0.217 *** (0.031)	0.217 *** (0.031)	0.215 *** (0.030)
$dlnARAN_{rt}$	-0.957 *** (0.153)	-1.138 *** (0.294)	-1.137 *** (0.293)	-1.127 *** (0.292)
$dlnE_{rt}$	0.001 (0.004)	0.002 (0.004)	0.002 (0.004)	0.001 (0.004)
N*T	360	336	336	336
R ²	0.850	0.855	0.855	0.856

Fuente: INEI (2024), SUNAT (2024), BCRP (2024). Elaboración propia. Errores robustos en paréntesis. Tres, dos y un asteriscos representan niveles de significancia menores al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Cuadros 3.3: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasa de Inversión Pública de los Gobiernos Regionales					
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$SIPUB_{GRrt}$	-0.003 *				

Cuadros 3.3: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasa de Inversión Pública de los Gobiernos Regionales					
	(0.001)				
$SITRANS_{GRrt}$		-0.002 (0.003)			
$SIDP_{GRrt}$			-0.014 ** (0.006)		
$SIPUB_{GRrt-1}$				-0.001 (0.002)	
$SITRANS_{GRrt-1}$					-0.005 (0.004)
$SIDP_{GRrt-1}$					
$SIPUB_{GRrt-2}$					
$SITRANS_{GRrt-2}$					
$SIDP_{GRrt-2}$					
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.153 ** (0.069)	0.154 ** (0.070)	0.149 ** (0.068)	0.157 * (0.077)	0.157 * (0.077)
$SLURB_{rt-1}$	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.001 (0.001)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.309 *** (0.045)	0.308 *** (0.045)	0.307 *** (0.044)	0.316 *** (0.048)	0.315 *** (0.048)
$dlnRN_{rt}$	0.218 *** (0.032)	0.219 *** (0.033)	0.219 *** (0.033)	0.220 *** (0.031)	0.220 *** (0.031)
$dlnARAN_{rt}$	-18.402 *** (2.378)	-18.359 *** (2.345)	-18.249 *** (2.295)	-0.961 *** (0.156)	-0.965 *** (0.158)
$dlnE_{rt}$	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)
N*T	384	384	384	360	360
R ²	0.846	0.845	0.847	0.849	0.850

Cuadros 3.3: Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con la Variable de Interés la Tasa de Inversión Pública de los Gobiernos Regionales				
Variables	(6)	(7)	(8)	(9)
$SIPUB_{GRrt}$				
$SITRANS_{GRrt}$				
$SIDP_{GRrt}$				
$SIPUB_{GRrt-1}$				
$SITRANS_{GRrt-1}$				
$SIDP_{GRrt-1}$	-0.004 (0.007)			
$SIPUB_{GRrt-2}$		-0.001 (0.003)		
$SITRANS_{GRrt-2}$			-0.009 ** (0.004)	
$SIDP_{GRrt-2}$				0.001 (0.010)
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.156 * (0.076)	0.185 ** (0.075)	0.189 ** (0.074)	0.186 ** (0.076)
$SLURB_{rt-1}$	0.001 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.317 *** (0.048)	0.333 *** (0.051)	0.328 *** (0.051)	0.332 *** (0.051)
$dlnRN_{rt}$	0.220 *** (0.031)	0.217 *** (0.030)	0.218 *** (0.030)	0.216 *** (0.030)
$dlnARAN_{rt}$	-0.957 *** (0.154)	-1.148 *** (0.292)	-1.144 *** (0.296)	-1.135 *** (0.291)
$dlnE_{rt}$	0.001 (0.004)	0.002 (0.004)	0.002 (0.004)	0.002 (0.004)
N*T	360	336	336	336
R ²	0.849	0.855	0.857	0.855

Fuente: INEI (2024), SUNAT (2024), BCRP (2024). Elaboración propia. Errores robustos en paréntesis. Tres, dos y un asteriscos representan niveles de significancia menores al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Cuadros 3.4. Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con Variables de Interés de la Tasa de Inversión Públicas de los Gobiernos Locales					
Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$SIPUB_{GLrt}$	-0.000 (0.002)				
$SITRANS_{GLrt}$		-0.006 (0.006)			
$SIDP_{GLrt}$			-0.005 (0.010)		
$SIPUB_{GLrt-1}$				0.003 ** (0.002)	
$SITRANS_{GLrt-1}$					0.012 ** (0.006)
$SIDP_{GLrt-1}$					
$SIPUB_{GLrt-2}$					
$SITRANS_{GLrt-2}$					
$SIDP_{GLrt-2}$					
SL_{Hrt-2}	-0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.154 ** (0.068)	0.161 ** (0.068)	0.156 ** (0.069)	0.146 * (0.074)	0.144 * (0.074)
$SLURB_{rt-1}$	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.308 *** (0.045)	0.310 *** (0.045)	0.308 *** (0.045)	0.316 *** (0.046)	0.317 *** (0.046)
$dlnRN_{rt}$	0.219 *** (0.033)	0.219 *** (0.033)	0.219 *** (0.033)	0.218 *** (0.031)	0.218 *** (0.030)
$dlnARAN_{rt}$	-18.337 *** (2.322)	-18.237 *** (2.357)	-18.296 *** (2.336)	-0.965 *** (0.151)	-0.983 *** (0.152)
$dln E_{rt}$	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.002 (0.003)	0.002 (0.004)
N*T	384	384	384	360	360
R ²	0.845	0.845	0.845	0.851	0.852

Cuadros 3.4. Estimaciones de Panel Data de Efectos Fijos de la Tasa de Crecimiento del valor agregado (dlnY), 2004-2020 Con Variables de Interés de la Tasa de Inversión Públicas de los Gobiernos Locales				
Variabales	(6)	(7)	(8)	(9)
$SIPUB_{GLrt}$				
$SITRANS_{GLrt}$				
$SIDP_{GLrt}$				
$SIPUB_{GLrt-1}$				
$SITRANS_{GLrt-1}$				
$SIDP_{GLrt-1}$	0.014 ** (0.005)			
$SIPUB_{GLrt-2}$		0.004 ** (0.002)		
$SITRANS_{GLrt-2}$			0.009 (0.006)	
$SIDP_{GLrt-2}$				0.019 ** (0.008)
SL_{Hrt-2}	-0.001 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)
$dlnL_{rt}$	0.152 * (0.077)	0.175 ** (0.073)	0.179 ** (0.072)	0.181 ** (0.077)
$SLURB_{rt-1}$	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)
$dlnK_{rt}$	0.316 *** (0.048)	0.332 *** (0.050)	0.332 *** (0.051)	0.323 *** (0.048)
$dlnRN_{rt}$	0.221 *** (0.032)	0.213 *** (0.029)	0.216 *** (0.030)	0.218 *** (0.030)
$dlnARAN_{rt}$	-0.963 *** (0.156)	-1.178 *** (0.281)	-1.182 *** (0.272)	-1.146 *** (0.297)
$dln E_{rt}$	0.002 (0.003)	0.002 (0.004)	0.002 (0.004)	0.001 (0.004)
N*T	360	336	336	336
R ²	0.850	0.857	0.856	0.857

Fuente: INEI (2024), SUNAT (2024), BCRP (2024). Elaboración propia. Errores robustos en paréntesis. Tres, dos y un asteriscos representan niveles de significancia menores al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Cuadro 3.5: Estimaciones DML-Panel: Regiones del Perú, 2005-2020				
Variables	Grupos Predeterminados		Grupos Aleatorios	
	L=2	L=5	L=2	L=5
Tasa de Inversión Pública en Infraestructura Total				
$SIPUB_{TOTALrt}$	-0.0642 (0.1395)	-1.0772 (1.7042)	0.2214 (1.4974)	-0.0129 (0.4529)
$SITRANS_{TOTALrt}$	-0.0104 (0.0903)	-3.2620 (5.4132)	-0.0799 (0.2015)	0.0620 (0.5554)
$SIDP_{TOTALrt}$	0.0109 (0.4069)	1.3821 (28.1948)	3.2421 (12.2438)	1.1459 (8.4632)
$SIPUB_{TOTALrt-1}$	-0.0019 (0.1679)	0.6728 (3.2290)	-0.5412 (1.2551)	-0.0870 (0.3882)
$SITRANS_{TOTALrt-1}$	-0.0343 (0.1116)	-1.3602 (14.2204)	0.3337 (1.6348)	0.0138 (0.1212)
$SIDP_{TOTALrt-1}$	0.0382 (0.5679)	-9.1053 (37.8535)	-0.1673 (12.0217)	0.2687 (1.3361)
$SIPUB_{TOTALrt-2}$	0.0170 (0.1020)	-0.9319 (3.2840)	0.2604 (0.5908)	0.1538 (0.6511)
$SITRANS_{TOTALrt-2}$	0.0514 (0.2356)	0.5822 (4.2844)	-0.1186 (0.8179)	0.1349 (0.7465)
$SIDP_{TOTALrt-2}$	0.0309 (0.6330)	-0.0504 (46.7441)	5.9604 (25.4749)	1.0716 (5.7959)
Tasa de Inversión Pública en Infraestructura del Gobierno Central (GC)				
$SIPUB_{GCrt}$	0.0010 (0.0853)	-0.7619 (9.5872)	-0.2236 (0.6382)	0.0326 (0.4917)
$SITRANS_{GCrt}$	0.0209 (0.1443)	-1.9305 (11.1917)	-0.2390 (0.7697)	0.0924 (0.8119)
$SIDP_{GCrt}$	0.0848 (1.5970)	-8.4492 (39.4010)	0.2712 (25.3983)	-2.6182 (10.9305)
$SIPUB_{GCrt-1}$	-0.0448 (0.1544)	-12.6334 (37.7766)	0.0707 (1.7062)	-0.1124 (0.6080)
$SITRANS_{GCrt-1}$	-0.0377 (0.1278)	-20.4606 (78.1646)	0.5087 (3.4609)	-0.0628 (0.3562)
$SIDP_{GCrt-1}$	-0.5662 (3.0028)	-50.6722 (253.6623)	-8.6963 (78.6360)	4.1654 (15.6124)
$SIPUB_{GCrt-2}$	-0.0142 (0.1532)	3.2453 (8.5881)	1.5179 (3.2808)	0.2513 (1.1479)
$SITRANS_{GCrt-2}$	-0.0224 (0.2423)	7.4099 (26.6443)	0.5003 (1.5741)	0.2078 (0.9198)
$SIDP_{GCrt-2}$	0.2101 (1.3154)	-16.1490 (186.0735)	-8.8730 (146.8906)	-2.6830 (10.4247)
Tasa de Inversión Pública en infraestructura de los Gobiernos Regionales (GR)				
$SIPUB_{GRrt}$	-0.0226 (0.1208)	-2.0114 (3.6151)	0.0077 (0.1279)	0.1674 (1.0052)
$SITRANS_{GRrt}$	-0.0377 (0.1759)	-6.2758 (13.1505)	0.1411 (0.3145)	0.0451 (0.4361)

Cuadro 3.5: Estimaciones DML-Panel: Regiones del Perú, 2005-2020				
Variables	Grupos Predeterminados		Grupos Aleatorios	
	L=2	L=5	L=2	L=5
$SIDP_{GRrt}$	-0.1053 (0.3468)	9.4617 (32.8175)	4.9799 (28.9761)	5.3410 (23.9436)
$SIPUB_{GRrt-1}$	-0.0946 (0.7277)	-8.3705 (28.2100)	-0.1106 (8.0843)	0.3845 (1.9298)
$SITRANS_{GRrt-1}$	-0.0493 (0.2564)	-0.0278 (71.5083)	-0.1457 (0.8885)	0.0208 (0.9219)
$SIDP_{GRrt-1}$	-0.3069 (1.9976)	-9.6253 (19.9840)	0.2455 (14.8556)	-1.6281 (5.5987)
$SIPUB_{GRrt-2}$	0.0468 (0.3415)	3.7768 (15.1911)	0.3925 (7.7856)	-0.2413 (1.1369)
$SITRANS_{GRrt-2}$	0.0427 (0.2967)	4.4593 (57.9105)	0.1528 (0.5041)	-0.0158 (0.1871)
$SIDP_{GRrt-2}$	-0.1070 (0.7052)	4.7591 (49.1167)	10.9131 (79.5856)	1.8098 (8.2051)
Tasa de Inversión Pública en Infraestructura de los Gobiernos Locales (GL)				
$SIPUB_{GLrt}$	-0.2037 (0.5799)	0.4342 (6.1977)	-0.2573 (2.3341)	-0.6780 (2.3156)
$SITRANS_{GLrt}$	-0.2106 (0.5938)	1.3849 (12.9310)	-4.1840 (13.8134)	-0.7978 (2.2906)
$SIDP_{GLrt}$	-0.1019 (0.5251)	-17.9642 (40.3997)	7.5336 (31.1462)	0.7499 (8.2472)
$SIPUB_{GLrt-1}$	0.0461 (0.2057)	-1.1833 (6.9718)	-1.3724 (6.1259)	0.1217 (0.6846)
$SITRANS_{GLrt-1}$	0.1530 (0.5043)	4.5329 (26.1589)	0.0114 (6.2967)	1.0522 (5.3242)
$SIDP_{GLrt-1}$	0.1564 (0.7933)	1.9628 (29.8277)	-23.2628 (72.2044)	3.1375 (15.8743)
$SIPUB_{GLrt-2}$	0.0071 (0.0963)	-2.3679 (9.4358)	0.0410 (1.1240)	-0.1457 (0.6441)
$SITRANS_{GLrt-2}$	0.0216 (0.2148)	-10.0644 (43.8892)	-0.5160 (5.2491)	-0.9061 (3.2096)
$SIDP_{GLrt-2}$	0.0182 (0.4321)	0.9221 (26.1471)	64.4986 (249.5492)	-0.1189 (1.9605)

Fuente: Cuadro 1. Elaboración propia. Para los grupos predeterminados para $L = 2$, este corresponde a dos conjuntos de regiones que se forman de acuerdo con la media del valor agregado, los grupos con promedio por debajo de este número forman un conjunto ($l = 1$), y los que tienen el promedio por encima forman otro ($l = 2$). Para $L = 5$, este tiene 5 conjuntos de regiones formados usando quintiles del valor agregado, la forma en que se define la pertenencia a cada grupo es análoga al caso $L=2$ (Esto es los quintiles serían $l = 1 \dots 5$). Los dos grupos aleatorios corresponden a los siguientes conjunto de regiones. Para $L=2$, $l = 1$ incluye las regiones de Ancash, Arequipa, Lima, Cusco, La Libertad y Piura; y $l = 2$ incluye el resto de 18 regiones. Para $L=5$, $l = 1$ incluye las regiones de Amazonas, Apurímac, Huancavelica, Madres de Dios, y Tumbes; $l = 2$ las regiones Ayacucho, Huánuco, Pasco, San Martín, Ucayali; $l = 3$ las regiones Loreto, Moquegua, Puno, Tacna; $l = 4$ las regiones Cajamarca, Ica, Junín, Lambayeque, Piura; y $l = 5$ el resto de cinco regiones.

4. Conclusiones y Comentarios Finales

Basado en la técnica DML de panel data y variable de interés continua desarrollado por Klosin & Vilgalys (2022), este trabajo examina, por primera, ver la relación causal entre tres tipos de tasas de inversión pública en infraestructura (la total, la infraestructura de transporte, desarrollo productivo y actividades CTI) en los tres estamentos de gobierno (central, regional y local), la tasa de inversión el total (que reúne los tres estamentos), y la tasa de crecimiento del PBI real de 24 regiones del Perú para el periodo 2005-2020. Por las características del proceso de descentralización llevado a cabo en el Perú desde el 2002, la dirección de la causalidad analizada es desde la tasa de inversión pública en infraestructura hacia el crecimiento de las regiones.

El análisis de regresión de datos de panel con efectos fijos sugiere que a excepción de ciertas inversiones en los GL y GR, la tasa de inversión pública en infraestructura al parecer no incide en la tasa de crecimiento económico regional. Más bien, factores estándar como la fuerza laboral y el capital, inciden y de manera robusta, en la tasa de crecimiento de las regiones. Dos factores adicionales que contribuyen, por lo menos estadísticamente, son los recursos naturales y la desgravación arancelaria ocurrida en el período de análisis.

Sin embargo, las pruebas DML de causalidad de manera robusta indican que las doce tasas de inversiones públicas en infraestructura analizadas no mostraron una influencia (o relación causal) en el crecimiento de las regiones del Perú. Resulta llamativo que la extensa literatura de los impactos de las inversiones públicas en infraestructura sobre el crecimiento regional no haya abordado o verificado la causalidad entre estos factores. Las multicorrelaciones encontradas en la literatura se basan en diversos métodos econométricos los cuales producen efectos diversos de la inversión pública en el crecimiento regional³⁰.

Independientemente de la diferencia de los resultados empíricos encontrados entre el presente trabajo y la literatura, el análisis realizado sugiere como hipótesis de trabajo para futuras investigaciones, que las relaciones de causalidad entre la inversión pública en infraestructura y crecimiento regional dependen del grado de autonomía de los gobiernos subnacionales en generar sus propios recursos y en las decisiones de inversión. La carencia de esta autonomía aunado a la falta de capacidad de gestión en capital humano, la existencia de burocracia, y las deficiencias en la calidad de la inversión en infraestructura pública parece incidir en la no causalidad de la inversión pública en infraestructura sobre el crecimiento regional. En esencia la direccionalidad de esta causalidad no es un problema económico sino es de carácter político e institucional y de ausencia de un proceso de descentralización que otorgue autonomía (económica y fiscal) a los gobiernos subnacionales.

³⁰ Detalles en Elburz, Nijkamp, Pels (2017b) y referencias.

Referencias

- Aaron, Henry J. (1990). Discussion of Why Is Infrastructure Important? En Munnell, Alicia H., ed., Is There a Shortfall in Public Capital Investment? Conference Series No. 34, Federal Reserve Bank of Boston, pp. 51–63.
- Aaron, Henry J. (1992). Discussion of 'Historical Perspectives on Infrastructure Investment: How Did We Get Where We Are?' " Paper presented by George E. Peterson at the American Enterprise Institute Conference on "Infrastructure Needs and Policy Options for the 1990s, " Washington, D.C.
- Abiad, A., D. Furceri, P. Topalova (2016). The macroeconomic effects of public investment: Evidence from advanced economies. *Journal of Macroeconomics* 50, pp. 224–240
- Aschauer, David Alan, (1990). Why Infrastructure es Important. En Munnell, Alicia H., ed., Is There a Shortfall in Public Capital Investment? Conference Series No. 34, Federal Reserve Bank.
- Athey S., G. Imbens (2019). Machine Learning Methods That Economists Should Know About. *Annual Review of Economics*, 11, pp. 685–725.
- Aschauer, David Alan, (1989). Is Public Expenditure Productive? *Journal of Monetary Economics*, 23, pp. 177–200.
- Baiardi A., A. Naghi (2020). The Value Added of Machine Learning to Causal Inference: Evidence from Revisited Studies. arXiv.org blog, Cornell University.
- BatranceaI, L. A. Nichita, M. Ali Balcı. O. Akgüller (2023). Empirical investigation on how well being related infrastructure shapes economic growth: Evidence from the European Union Regions. Plus one, April, pp. 1-28.
- Belloni, A., V. Chernozhukov, C. Hansen (2014a). Inference on Treatment Effects after Selection amongst High-Dimensional Controls. *Review of Economic Studies*, Vol. 81, No. 2, pp. 608-650.
- Belloni, A., V. Chernozhukov, C. Hansen (2014b). High-Dimensional Methods and Inference on Structural and Treatment Effects. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 28, Nor 2, pp. 29–50.
- Biehl, D. (1982) *The Contribution of Infrastructure to Regional Development*. Final Report of the Infra structure Study Group to the EC.
- Bhat H., N. Kumar (2010). On the derivation of the Bayesian Information Criterion. Mimeo, *School of Natural Sciences, University of California.
- Chernozhukov, V., W. Newey, R. Singh. (2022). Automatic Debiased Machine Learning of Causal and Structural effects. *Econometrica*, Vol. 90, No. 3, pp. 967–1027
- Chernozhukov, V., D. Chetverikov, M. Demirer, E. Duflo, C. Hansen, W. Newey, J. Robins (2018). Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters. *Econometrics Journal*, volume 21, pp. C1–C68. doi: 10.1111/ectj.12097.
- Chernozhukov, V., D. Chetverikov, M. Demirer, E. Duflo, C. Hansen, W. Newey, J. Robins (2017). Double/Debiased/Neyman Machine Learning of Treatment Effects. Papers and Proceedings, *American Economic Review*, Vol. 107, No. 5, pp 261-265.

- CIES (2015). *Propuestas de Políticas Para Los Gobiernos Regionales 2015-2018*, Consorcio de Investigaciones Económicas y Sociales, Lima Perú.
- CIES (2009) Balance del proceso de descentralización en el Perú. En “Economía y Sociedad” N°72, septiembre 2009. Versión electrónica disponible en: <http://www.cies.org.pe/files/economia-sociedad/01-ENTREVISTA72.pdf>
- Coaquira, M., J. Tudela, M. Jiménez (2022). Regional Comparative Evaluation: Synthetic Regional Development Index (RDI) for Peru. *The Economic Research Guardian*, Vol. 12-2, pp. 72-96.
- Contraloría de Perú (2016). *Efectividad de la inversión pública a nivel regional y local durante el período 2009 al 2014*. Crescenzi, R., A. Rodríguez-Pose (2012). Infrastructure and regional growth in the European Union. *Papers in Regional Science*, pp. 1-27.
- Diamond, D., N. Spence (1984). Infrastructure and Regional Development: Theories. *Built Environment* Vol. 10-4, pp. 262-269.
- Ebertz R. 1990. Public Infrastructure and Regional Development. Federal Reserve Bank of Cleveland, USA.
- Eisner, R., 1991. Infrastructure and regional economic performance: comment. *New England Economic Review*, pp. 47–58.
- Elburz, Z., P. Nijkamp, E. Pels (2017a). Public Infrastructure and Regional growth: Evidence from Turkey. *European Journal of Transport & Infrastructure Research*, 17-4, pp.495-507.
- Elburz, Z., P. Nijkamp, E. Pels (2017b). Public infrastructure and regional growth: Lessons from meta-analysis. *Journal of Transport Geography* 58, pp. 1–8.
- Ekeocha, D., J. Ogbuabor, A. Orji (2022). Public infrastructural development and economic performance in Africa: new evidence from panel data analysis. *Economic Change and Restructuring* 55, pp.931–950. <https://doi.org/10.1007/s10644-021-09334-8>
- Esquivel, M., K. Loaiza (2018). Inversión en Infraestructura y Crecimiento Económico, Relevancia de Factores Institucionales. *Economía y Sociedad*, Vol. 23-53 Enero-junio, pp. 40-61
- Facure Alves M. (2022). Causal Inference for The Brave and True. Disponible en: <https://matheusfacure.github.io/python-causality-handbook/landing-page.html#causal-inference-for-the-brave-and-true>
- Ferrari, C., A. Bottasso, M. Conti, A. Tei (2019). *Economic Role of Transport Infrastructure: Theory and Models*. Elsevier.
- Fischer M., P. Nijkamp eds. (2020). *Handbook of Regional Science*. Springer.
- Foster, V., N. Gorgulu, S. Straub, M. Vagliasindi 2023. The Impact of Infrastructure on Development Outcomes A Qualitative Review of Four Decades of Literature. Policy Research Working Paper 10343, World Bank.
- Frisch, Ragnar, and Frederick V Waugh (1933). Partial Time Regressions as Compared with Individual Trends. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 387–401.
- Glaeser, E. (2010) editor. *Agglomeration Economics*. NBER.

- Gonzales, E (2010). Descentralización, divergencia y Desarrollo Regional en el Perú del 2010. En M. D. Tello y J. Rodríguez, eds. *Opciones de Política Económica en el Perú: 2011-2015*, Fondo Editorial de la PUCP, Lima Perú
- Grimes, A. (2020). Infrastructure and Regional Economic Growth. En Manfred M. Fischer, Peter Nijkamp Editores, *Handbook of Regional Science*. Springer.
- Guisan, M.C., Frias, I. (1995). An Interregional Econometric Model for Market Services Employment in 120 EEC Regions. DEA N°1, published on line in EcoDev51 (2002), Economic Development, Faculty of Economics, University of Santiago de Compostela, Spain.
- Guisán, M.C., Aguayo, E. (2001). Modelos econométricos interregionales de crecimiento de la Industria y los Servicios en las regiones europeas, 1985-1995. Libro EE5 de la Asociación Hispalink-Galicia (AHG), disponible en Dialnet).
- Hernán, M., J. Robins (2024). *Causal Inference: What If?* CRC Press Taylor & Frances.
- Hirschman, A.O. (1958) *The Strategy of Economic Development*. New Haven and London: Yale University Press.
- INDE Consultores (2007). *La descentralización fiscal en el Perú*. Lima Perú.
- Ismail, N., J. Mahyideen (2015). The Impact of Infrastructure on Trade and Economic Growth in Selected Economies in Asia. ADBI Working Paper Series, No 553.
- Khan, H., U. Khan, L. Jiang, M. Khan (2020). Impact of infrastructure on economic growth in South Asia: Evidence from pooled mean group estimation. *The Electricity Journal*, Vol. 33-5, Junio, pp. pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106735>
- Klosin S., M. Vilgalys (2022). Estimating Continuous Treatment Effects in Panel Data using Machine Learning with an Agricultural Application. MIT mimeo.
- Lovell, Michael C. (1963). Seasonal Adjustment of Economic Time Series and Multiple Regression Analysis. *Journal of the American Statistical Association* 58 (304): 993–1010.
- Lovell, M. (2008). A Simple Proof of the FWL Theorem". *Journal of Economic Education*. 39 (1), pp. 88–91. doi:10.3200/JECE.39.1.88-91.
- Maciulyte-Sniukiene A., M. Butkus (2022). Does Infrastructure Development Contribute to EU Countries' Economic Growth? *Sustainability*, 14, pp. 1-40.
- Munnell, A. (1992). Policy Watch Infrastructure Investment and Economic Growth. *Journal of Economic Perspectives*, Vol 6-4, pp. 189–198.
- Munnell A., L. Cook. (1990). How does public infrastructure affect regional economic performance? *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, issue Sep, pages 11-33
- OECD (2023). OECD Economic Surveys PERU. Paris, Francia. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-peru-2023_081e0906-en/full-report.html
- Palacios, C. (2018). Efecto de la inversión pública en la infraestructura vial sobre el crecimiento de la economía peruana entre los años 2000-2016. *Ingeniería Industrial* N° 36, enero-diciembre, pp. 197-210.

- Rosik, P. J. Wójcik (2023). Transport Infrastructure and Regional Development: A Survey of Literature on Wider Economic and Spatial Impacts. *Sustainability*, pp. 1-19. <https://doi.org/10.3390/su15010548>.
- Seidu, R., B. Young, H. Robinson, M. Ryan (2020). The impact of infrastructure investment on economic growth in the United Kingdom. *Journal of Infrastructure, Policy and Development* Vol. 4-2, pp. 217-227. DOI: 10.24294/jipd.v4i2.1206
- Shi, Yingying (2013). Essays on public infrastructure investment and economic growth. Tesis doctoral, Michigan State University.
- Stock, James H., and M. Yogo. (2005). Testing for Weak Instruments in Linear IV Regression. In *Identification and Inference in Econometric Models: Essays in Honor of Thomas J. Rothenberg*, edited by Donald W.K. Andrews and James H. Stock, capítulo 5, pp. 80–108. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tello M.D. 2016. Estrategia de Regionalización y Descentralización en el Perú. En *Estrategias para el Desarrollo Económico y Social* CENTRUM CATÓLICA, Ed. El Planeta. Lima Perú, pp. 226-238.
- Tello M.D. 2013. Mediciones del Cambio Estructural en el Perú: Un análisis regional, 2002-2011. DT PUCP No 364.
- Urrunaga, R., C. Aparicio (2012). Infrastructure and economic growth in Peru. *Cepal Review*. 107, pp. 145-163.
- Wu J, Gopinath M (2008). What causes spatial variations in economic development in the United States? *American Journal of Agricultural Economics*, 90-2, pp. 392–408.
- Vega, J. (2008) Análisis del Proceso de Descentralización Fiscal en el Perú. Documento de trabajo 266. Pontificia Universidad Católica del Perú. Versión electrónica disponible en: <http://departamento.pucp.edu.pe/economia/images/documentos/DDD266.pdf>
- Wu, D.-M. (1974). Alternative tests of independence between stochastic regressors and disturbances: Finite sample results. *Econometrica* 42, pp 529–546. <https://doi.org/10.2307/1911789>.
- World Bank (2022). How does infrastructure support sustainable growth? Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/digital-development/how-does-infrastructure-support-sustainable-growth>

Base de Datos

- BCRP (2024). Estadísticas. Banco Central de Reserva del Perú.
- MEF (2024). Transparencia Económica Consulta Amigables. Ministerio de Economía y Finanzas.
- INEI (2024). Estadísticas Regionales. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- INEI (2024a). Estadísticas. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- OECD (2023a). There are large regional differences in the quality of public infrastructure. Disponible en https://www.oecd-ilibrary.org/fr/economics/there-are-large-regional-differences-in-the-quality-of-public-infrastructure_dfcec883-en
- SUNAT (2024). Estadísticas de Comercio Exterior. Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria. Perú

Cuadro A1 Indicadores Regionales en el Perú 2015-2023							
Región-Dpto.	% Pob Cens 2017	% Pob Urb. 2023	PL-2023 (US\$ 2007 por trabajador)	gVA-2019-23 (%)	PTF-2015	IDR 2015- 2019	Sectores Base-2013
AMAZONAS	1.3	57.3	4065	0.28	35.8	0.39	Agr, Ser.
ANCASH	3.8	66.4	9998	0.38	124.3	0.51	Min., Pesca
APURIMAC	1.4	46.5	7569	-1.08	36.2	0.44	Agr, Com.
AREQUIPA	4.9	92.9	13667	0.21	131.2	0.70	Agr, Man
AYACUCHO	2.2	61.3	4572	0.63	45.8	0.46	Agr, Com.
CAJAMARCA	4.7	42.2	4480	1.25	48.4	0.37	Min, Agr
CUSCO	4.2	62.0	9118	0.69	84.5	0.53	Min, Com
HUANCAVELICA	1.2	27.5	3819	-0.24	46.6	0.35	Min, Agr
HUANUCO	2.5	41.6	4221	2.15	37.4	0.38	Agr, Ser.
ICA	3.0	94.9	14087	5.06	114.9	0.78	Pesca, Agr
JUNIN	4.4	70.4	6522	0.71	70.3	0.51	Min, Agr
LA LIBERTAD	6.3	83.1	7154	1.44	59.2	0.56	Agr, Min
LAMBAYEQUE	4.2	85.5	5891	1.64	135.8	0.67	Com, Agri
LIMA-Callao	33.4	98.7	12855	1.29	79.3	0.76	Man, Ser
LORETO	3.1	74.1	5614	1.68	67.7	0.28	Agr, Pesca
MADRE DE DIOS	0.5	86.8	6103	-3.84	122.5	0.57	Min. Ser
MOQUEGUA	0.6	81.6	37450	9.17	354.6	0.76	Min, Man
PASCO	0.9	72.1	9778	1.15	162.3	0.47	Min, Agr
PIURA	6.5	81.0	6491	1.8	69.1	0.59	Man, Com
PUNO	4.1	62.5	3794	-0.58	39.4	0.34	Agr, Min.
SAN MARTIN	2.9	73.3	3946	1.22	37.7	0.51	Agr. Ser
TACNA	1.2	88.0	13027	3.76	147	0.68	Min, Ser
TUMBES	0.8	97.9	6643	0.85	64.6	0.65	Pesca., Ser, Com
UCAYALI	1.7	85.9	4885	1.63	57.7	0.44	Agr, Com.
Fuente: INEI (2024a), Tello (2013), Coaquira, Tudela, Jiménez (2022). Elaboración propia.. Los coeficiente de correlación son PTF-PL 0.91***; PTF-gVA 0.65***; PTF-IDR 0.59***; PTF-PU 0.39*; PL-gVA 0.76***; PL-IDR 0.63***; PL-PU 0.36*; gVA-IDR 0.46***; gVA-PU 0.25; y IDR-PU 0.77***.							