

# Shedding light on informal activity in Peru through data sensing tools

**Angel Frisancho**

Agosto 2024

## Abstract

*Given the persistent informality in Peru and its implications for economic development, this study aims to investigate the magnitude of unregistered activity, including informal activity, over the past decade in Peru at the regional level. It uses data sensing tools to measure its trends and compare them with patterns of registered activity. This approach provides information for the design of public policies in areas such as employment, taxation, social policies, and more. The main findings using a regional benchmark measure regional unregistered activity around 16 percent on average, with maximum values around 50 percent, which might be larger if an international benchmark would be used.*

*Dada la persistente informalidad en Perú y sus implicancias para el desarrollo económico, este estudio investiga la magnitud de la actividad no registrada, incluyendo la informal, durante la última década en el Perú a nivel regional, utilizando herramientas de data sensing para medir sus tendencias y contrastarlas con los patrones de la actividad registrada. De esta manera, proporciona información para el diseño de políticas públicas en áreas tales como empleo, recaudación, políticas sociales, entre otras. Los principales hallazgos utilizando un punto referencia regional nacional arroja que la actividad no registrada es en promedio de alrededor del 16 por ciento, con valores máximos cercanos al 50 por ciento, los cuales podrían ser mayores si se utilizara un punto de referencia internacional.*

**Palabras Clave:** Informalidad, Data Sensing, Regional

## 1 Introducción

Los marcos teóricos para entender la informalidad comenzaron con enfoques descriptivos como el "Modelo de Economía Dual", que describe que el sector formal generalmente tiene salarios más altos, mejores condiciones laborales y está regulado por el gobierno en contraste con el sector informal. También existen enfoques estructuralistas como la "Teoría de la Dependencia", que sugiere que los países en desarrollo están estructuralmente desfavorecidos debido a factores históricos, y la informalidad puede verse como una respuesta a estas desventajas estructurales. De manera similar, la "Teoría Institucional" sostiene que la informalidad puede surgir en países donde las instituciones formales son débiles o ineficaces, manifestada en la falta de cumplimiento de las leyes laborales, dificultad para iniciar negocios formales o redes de seguridad social inadecuadas, por lo que destaca la importancia de la reforma institucional.

Enfoques recientes proponen que la informalidad representa una reacción distorsionada de una economía excesivamente regulada a diversos choques. Este fenómeno es subóptimo porque resulta en una mala asignación de recursos y la pérdida, en cierta medida, de los beneficios asociados con la legalidad, incluyendo la protección estatal, el acceso al crédito formal y la participación en mercados internacionales.

De esta manera, el intento de evadir el control del Estado a menudo lleva a las empresas informales a permanecer más pequeñas de lo óptimo y asignar recursos para ocultar sus actividades o participar en la corrupción. Particularmente en los países en desarrollo, esto resulta en que las empresas formales sean menos intensivas en mano de obra de lo que sería ideal dadas las dotaciones de recursos de sus países. Además, el sector informal crea una externalidad negativa que exacerbaba su impacto perjudicial sobre la eficiencia: las actividades informales utilizan y congestionan la infraestructura pública sin contribuir con ingresos fiscales para su mantenimiento.

Asimismo, la informalidad se asocia a menudo con la pobreza, ya que quienes se dedican al trabajo informal pueden tener dificultades para acceder a servicios sociales, educación y atención médica. La informalidad y la pobreza se refuerzan mutuamente y contribuyen a la desigualdad de ingresos dentro de una sociedad. Entonces, estudiar la informalidad utilizando las estimaciones de nuestro modelo empírico puede arrojar luz sobre las dispari-

dades en la distribución del ingreso y sus consecuencias sociales. Entender la informalidad es crucial para diseñar políticas efectivas. Las políticas demasiado centradas en el sector formal pueden descuidar las necesidades de los trabajadores informales, mientras que las políticas que fomentan la formalización, sin abordar los problemas subyacentes, suelen ser ineficaces.

El Perú tiene una larga historia de actividad económica informal que puede atribuirse a patrones de exclusión y baja productividad. Sin embargo, en las últimas décadas, el país ha emprendido diversas reformas para promover la formalización, incluidos incentivos fiscales y esfuerzos para simplificar los procesos de registro empresarial. En el periodo de análisis, entre 2014 y 2023, el Perú experimentó un crecimiento económico significativo. Sin embargo, esto no bastó para la creación de empleos formales para muchos segmentos de la población ni para la inclusión de muchas empresas informales en el sistema moderno.

De otro lado, la cultura peruana a menudo fomenta el espíritu emprendedor, con miles de personas dedicándose a pequeños negocios informales por necesidad o por oportunidad. El país cuenta con un territorio rural significativo en la Amazonía y los Andes, así como muchas comunidades que participan en actividades económicas informales, características que se consideran en el estudio.

Además, el Perú ha experimentado períodos de inestabilidad política y gran corrupción, que pueden afectar las políticas relacionadas con la informalidad y el desarrollo económico. No obstante, se han implementado políticas para abordar la informalidad, como programas sociales dirigidos a trabajadores informales, esfuerzos para mejorar el acceso a la formalización y medidas enérgicas contra ciertos segmentos informales.

En cuanto a los choques durante la última década, la pandemia de COVID-19 tuvo impactos significativos sobre la economía del país y el sector informal. Los confinamientos y las restricciones afectaron desproporcionadamente a los trabajadores informales que carecían de protección social. También sobre el crecimiento de asentamientos informales alrededor de las ciudades donde prevalece el empleo informal, especialmente en la construcción y los servicios. En los últimos años, ha habido esfuerzos continuos por parte del gobierno y otras organizaciones para proporcionar capacitación, apoyo e incentivos para que los trabajadores informales hagan la transición a la formalidad. Por lo tanto, la informalidad en la última década requiere considerar una compleja interacción de factores. El tipo de choque que

representó la pandemia de COVID-19 transforma la economía informal y esta es la razón para utilizarla como punto de inflexión para estudios de caso.

En resumen, la hipótesis principal es que la informalidad en Perú muestra diferentes respuestas a distintos choques, de modo que mientras los choques macroeconómicos afectan a la informalidad en línea con la actividad económica registrada medida por el PIB, o al Valor Agregado Bruto (VAB) en el nivel regional, choques como restricciones administrativas locales pueden cambiar la tendencia de las actividades informales en mayor o menor medida en distintos contextos, según cada región y sector. Tanto las estimaciones de informalidad como las respuestas identificadas a diferentes choques pueden ayudar a los formuladores de políticas a diseñar programas adaptados a las necesidades de cada región y considerar cuidadosamente el contexto de cada intervención. Finalmente, otro resultado importante es destacar el potencial de nuevas fuentes de datos y técnicas para medir la informalidad y utilizarlas para abordar preguntas de investigación complejas para abordar con los datos habitualmente utilizados.

## 2 Literatura Relacionada

En esta revisión, examinamos brevemente estudios que han moldeado la comprensión de la informalidad. El modelo de economía dual de Lewis (1954) proporcionó las primeras descripciones sobre la coexistencia de los sectores formal e informal. El modelo destaca que el desarrollo económico se produce cuando la mano de obra se traslada del sector tradicional al sector moderno, lo que aumenta la productividad y lleva a salarios más altos y mejores estándares de vida. Con el tiempo, a medida que el excedente de mano de obra en el sector tradicional se absorbe completamente, la economía transita hacia un estado más equilibrado e integrado.

Luego, el trabajo de Frank (1967) sobre la teoría de la dependencia amplió esta perspectiva para considerar la dinámica económica global y argumenta que los países centrales se benefician del flujo de recursos, mano de obra barata y productos primarios de los países periféricos, mientras que estos últimos quedan atrapados en una posición de subordinación. La explotación de recursos y la imposición de términos desfavorables de intercambio limitarían el desarrollo de las economías periféricas.

Posteriormente, De Soto (1989) explora la economía informal y su importancia en los países en desarrollo y argumenta que el sector informal no es meramente un signo de atraso, sino una parte vibrante y esencial de la economía. Examina los desafíos que enfrentan los emprendedores en el sector informal, como la falta de derechos de propiedad y el acceso a mercados formales, por lo que aboga por reformas legales e institucionales para integrar la economía informal en el sector formal. La definición de De Soto contiene muchos aspectos de otras teorías como la economía dual y el enfoque institucional.

En Maloney (2004) se ofrece un examen exhaustivo de la informalidad, definiéndola como actividades fuera de los marcos regulatorios formales que abarcan tanto el empleo informal como las empresas. La persistencia de la informalidad se atribuye a factores como la débil aplicación de regulaciones, el acceso limitado al crédito, la alta carga impositiva y la flexibilidad laboral. Las contribuciones de Maloney también destacan los costos y beneficios de la informalidad, así como su impacto en la eficiencia económica, la productividad y el bienestar social.

Por otro lado, Perry (2007) argumenta que la informalidad es una elección racional para algunos actores, aunque se considera subóptima por las distorsiones que genera en los mercados laborales y la asignación de recursos. Este trabajo se diferencia al examinar la informalidad desde el punto de vista de la elección racional y la maximización de la utilidad.

Asimismo, en su libro Why Nations Fail, Acemoglu y Robinson (2012) profundizan en las raíces institucionales de la informalidad, arrojando luz sobre el papel de las estructuras de gobernanza. Una de sus contribuciones clave es la comprensión de la informalidad en economías con instituciones extractivas. Los autores sostienen que la falta de instituciones inclusivas fomenta la informalidad, ya que los individuos y las empresas operan fuera del marco institucional para evitar los costos y la represión impuesta por élites extractivas. Esta informalidad, a su vez, perpetúa un ciclo de subdesarrollo, limitando el crecimiento económico sostenible y la estabilidad política. A través de casos históricos y comparativos, ilustran cómo la informalidad se convierte en una barrera significativa para el progreso en contextos donde las instituciones no son inclusivas.

Benjamin et al. (2014) examina la relación entre la informalidad y el crecimiento económico, utilizando una perspectiva comparativa entre países. Muestra que si bien la informalidad puede desempeñar un papel en la reducción de la pobreza y la creación de

empleo, también tiene efectos negativos en el crecimiento económico a largo plazo y en la recaudación de ingresos fiscales. Por lo tanto, se deben diseñar políticas que equilibren los costos y beneficios de la informalidad, fomentando la formalización sin sofocar la actividad económica.

Sobre la medición de la informalidad a nivel de país, Medina, L., y Schneider, F. (2018) proporcionan un análisis detallado de los avances en la estimación de la economía informal, presentando hallazgos para 158 países desde 1991 hasta 2015. El estudio destaca la naturaleza prometedora de nuevos métodos como el Enfoque de Demanda de Moneda (CDA) y los Indicadores Múltiples y Causas Múltiples (MIMIC), junto con nuevas estimaciones a nivel micro, y que el uso del enfoque de luces nocturnas como indicador es una alternativa al PIB per cápita o la tasa de crecimiento del PIB. Para este estudio, sus resultados fomentan el uso de nuevas herramientas para medir la actividad a nivel regional, ya que generalmente las oficiales tiene una calidad inferior a las estimaciones nacionales del PIB.

En el caso de Perú, sobre las tendencias y ciclos del empleo informal, Loayza et al. (2006) introduce un modelo que explica el tamaño del empleo informal evaluando los costos y beneficios asociados, y muestra que a lo largo del tiempo el empleo informal tiende a ser más significativo en países con un PIB per cápita más bajo y regulaciones más estrictas para las empresas formales, mientras que, a corto plazo, responde a choques temporales y trabaja para cerrar la brecha entre su estado actual y la tendencia a largo plazo. Además, observa que el empleo informal tiende a seguir un patrón estable de reversión a la tendencia. Dada la naturaleza de este estudio, podríamos utilizar nuestras estimaciones para compararlas con las de empleo informal a corto plazo, que a menudo se utiliza como un proxy para la actividad informal.

Asimismo, Loayza, N. (2007) aborda la informalidad desde una perspectiva legal, sugiriendo que la informalidad no es causada por un solo factor, sino por una combinación de problemas como servicios públicos inadecuados, un entorno regulatorio engorroso y capacidades limitadas de supervisión del Estado. Aplicando los hallazgos de un análisis de regresión entre países para el caso del Perú, se ofrecen perspectivas sobre la relevancia específica de cada mecanismo identificado dentro del contexto del país. Sin embargo, concluye que, aunque la evidencia entre países explica la mayor parte de la alta informalidad en Perú, no es suficiente para explicarla completamente. La evidencia específica del país es esencial para llenar el vacío. Este estudio puede proporcionar algunas perspectivas desde un nivel

regional.

El enfoque empírico para estimar la informalidad utilizando herramientas de data sensing se basa en la fundación establecida por Ghosh et al. (2009), que desarrolló un modelo para estimar la distribución espacial, la escala del PIB y la economía informal en México. Los hallazgos sugieren que la economía informal en México podría ser aproximadamente 1.5 veces mayor que las estimaciones oficiales publicadas. También destaca que, dada la inestabilidad inherente de la economía informal, es previsible que la precisión de las estimaciones oficiales sea menor. Como resultado, los modelos basados en imágenes nocturnas podrían ofrecer herramientas valiosas para predecir factores socioeconómicos relacionados. Dichos modelos podrían ayudar a los responsables de la formulación de políticas a comprender el panorama económico de un país e implementar estrategias efectivas.

En cuanto a usar datos satelitales de luminosidad para estimar el PBI a nivel subnacional en el Perú, Seminario y Palomino (2022) ofrecen una metodología alternativa para estimar el PIB a nivel subnacional combinando información de censos y encuestas, estadísticas agregadas de cuentas nacionales y datos satelitales de luminosidad. Los autores consideran que el uso de esta metodología es relevante para países que no cuentan con información de calidad sobre la actividad económica a nivel subregional. Usando esta nueva metodología, se ha estimado el PIB de divisiones territoriales del Perú que no cuentan con estadísticas de cuentas nacionales, y utilizando las estadísticas generadas realizan un análisis general de las tendencias recientes de desarrollo regional.

Finalmente, para calcular las elasticidades de las luces nocturnas respecto al PIB, Rangel-Gonzalez y Llamosas-Rosas (2019) utilizan datos satelitales para medir la actividad económica en México y descubrir disparidades entre las cifras estimadas y las oficiales del PIB para identificar la economía no registrada. Los hallazgos sugieren que la economía no registrada en México representa aproximadamente el 25 por ciento del PIB cuando se utiliza la economía de EE. UU. como referencia, y el 29 por ciento cuando se utiliza el estado de Nuevo León como economía de referencia. Cálculos similares se realizan en este estudio con algunas limitaciones debido a restricciones de datos, como los puntos de referencia utilizados que son regiones dentro del país; un análisis adicional requeriría incluir pruebas de robustez utilizando países con características similares pero con menor informalidad.

### 3 Datos y Metodología Empírica

#### 3.1 Datos

En 2021, la NASA presentó su base de datos Black Marble, una colección de datos de luminosidad mensual y anual que ofrece imágenes más refinadas y "limpias" de la luminosidad de la Tierra. El término "luminosidad limpia" se refiere a datos que han sido meticulosamente procesados para eliminar fuentes de interferencia o ruido. Alcanzar este nivel de claridad es difícil, ya que requiere abordar desafíos como:

- Reflexión de la superficie: garantizar que los datos no incluyan reflexiones de la superficie terrestre, como la luz que rebota en la nieve o cuerpos de agua.
- Reflexión atmosférica: eliminar las reflexiones de luminosidad causadas por la atmósfera terrestre, como la luz que rebota en aerosoles o nubes.
- Luz dispersa: prevenir la contaminación de las imágenes por luz residual que entra directamente a los instrumentos del satélite desde el sol.
- Consideraciones adicionales: incluir factores como la vegetación que obstruye la imagen satelital, variaciones en la luminosidad debido a cambios en el ángulo del satélite en relación con la Tierra, y anomalías como relámpagos, entre otros.

La Figura 1 muestra las estrategias del Black Marble, que emplea las siguientes técnicas sofisticadas para abordar los desafíos en la obtención de datos de luminosidad:

- Para mitigar la reflexión de la superficie, utiliza algoritmos avanzados que analizan las características espectrales de la luz reflejada. Al distinguir entre diferentes tipos de superficies, como áreas cubiertas de nieve o cuerpos de agua, el algoritmo puede ajustar los datos de luminosidad en consecuencia.
- Para abordar la reflexión causada por la atmósfera, incorpora algoritmos de corrección atmosférica que tienen en cuenta la dispersión y absorción de la luz por aerosoles, nubes y otras partículas atmosféricas.

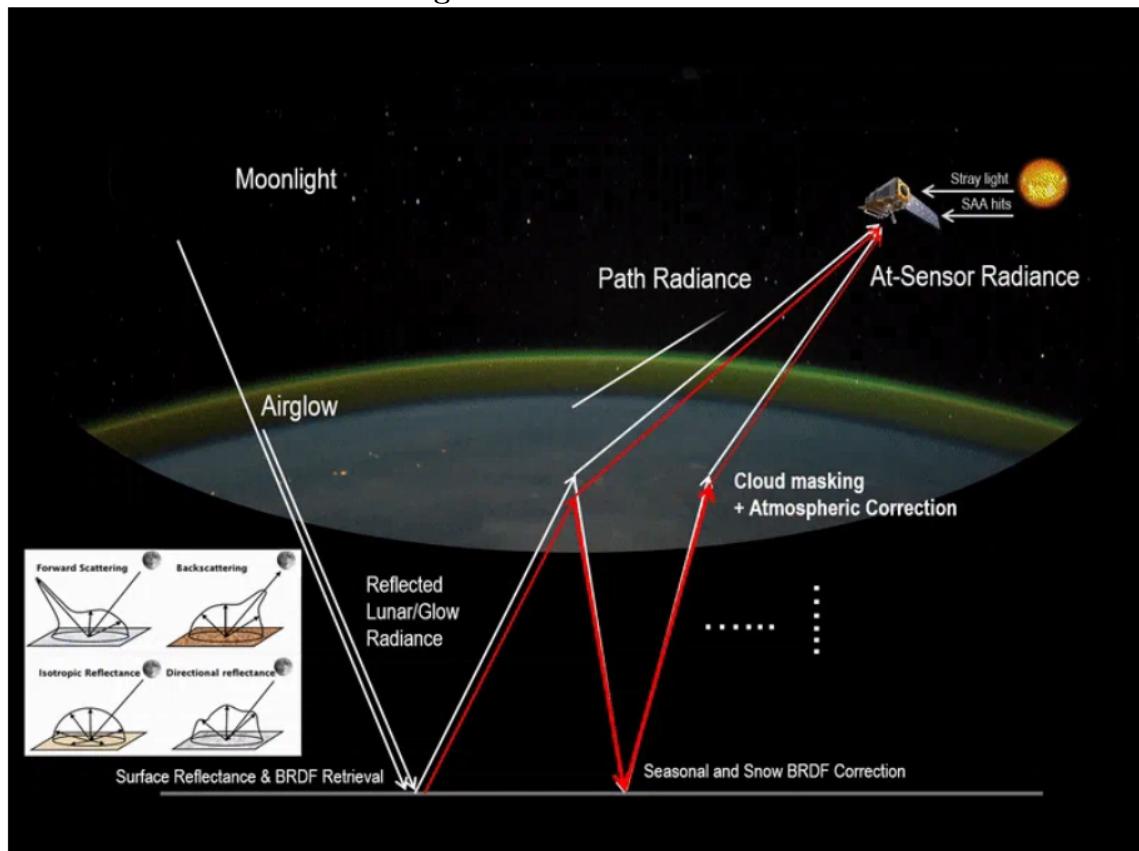
- La contaminación por luz dispersa se minimiza a través de una cuidadosa calibración y procesamiento de los instrumentos, asegurando que solo se capturen las señales deseadas. Además, durante el procesamiento de datos se aplican algoritmos sofisticados para eliminar cualquier artefacto de luz residual.
- Otros problemas, como la obstrucción por vegetación, se abordan combinando múltiples imágenes satelitales tomadas en diferentes momentos para crear una imagen compuesta. Los cambios en el ángulo del satélite se corrigen durante el procesamiento, asegurando la consistencia en las mediciones.
- La eliminación adicional de valores atípicos ocurre durante el proceso de generación de compuestos mensuales y anuales de datos de luminosidad. Los valores atípicos se identifican y eliminan utilizando el método del rango intercuartílico (IQR), calculado como la diferencia entre el percentil 25 y el percentil 75 de los valores de luminosidad. Cualquier observación que caiga 1.5 veces por debajo del IQR desde el percentil 25 o por encima del percentil 75 se considera excesivamente extrema y se excluye posteriormente. Este método sirve para abordar fuentes de luz transitorias adicionales, como los relámpagos, que pueden no haber sido eliminadas de manera efectiva en etapas anteriores.

Luego de procesar los datos mensuales de luminosidad nocturna de esta fuente para el Perú a nivel regional para el período 2014 - 2023, se recopiló información del módulo de información regional del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI) al mismo nivel, incluyendo el valor agregado bruto a precios constantes por sectores como un indicador de la actividad económica a nivel regional, y las proyecciones demográficas de la población basadas en el último Censo de 2017 para tener en cuenta las diferencias en tamaño entre regiones. De esta forma, registrar la actividad económica entre sectores es útil para crear proxies de los sectores primario, secundario y terciario, que a menudo muestran diferencias al medirlos con enfoques distintos a los del PIB.

### **3.2 Metodología Empírica**

La metodología de este estudio se basa en un enfoque empírico que combina datos de múltiples fuentes para medir la informalidad incluyendo los datos de luces nocturnas. Estos

Figura 1: Black Marble



Fuente: NASA

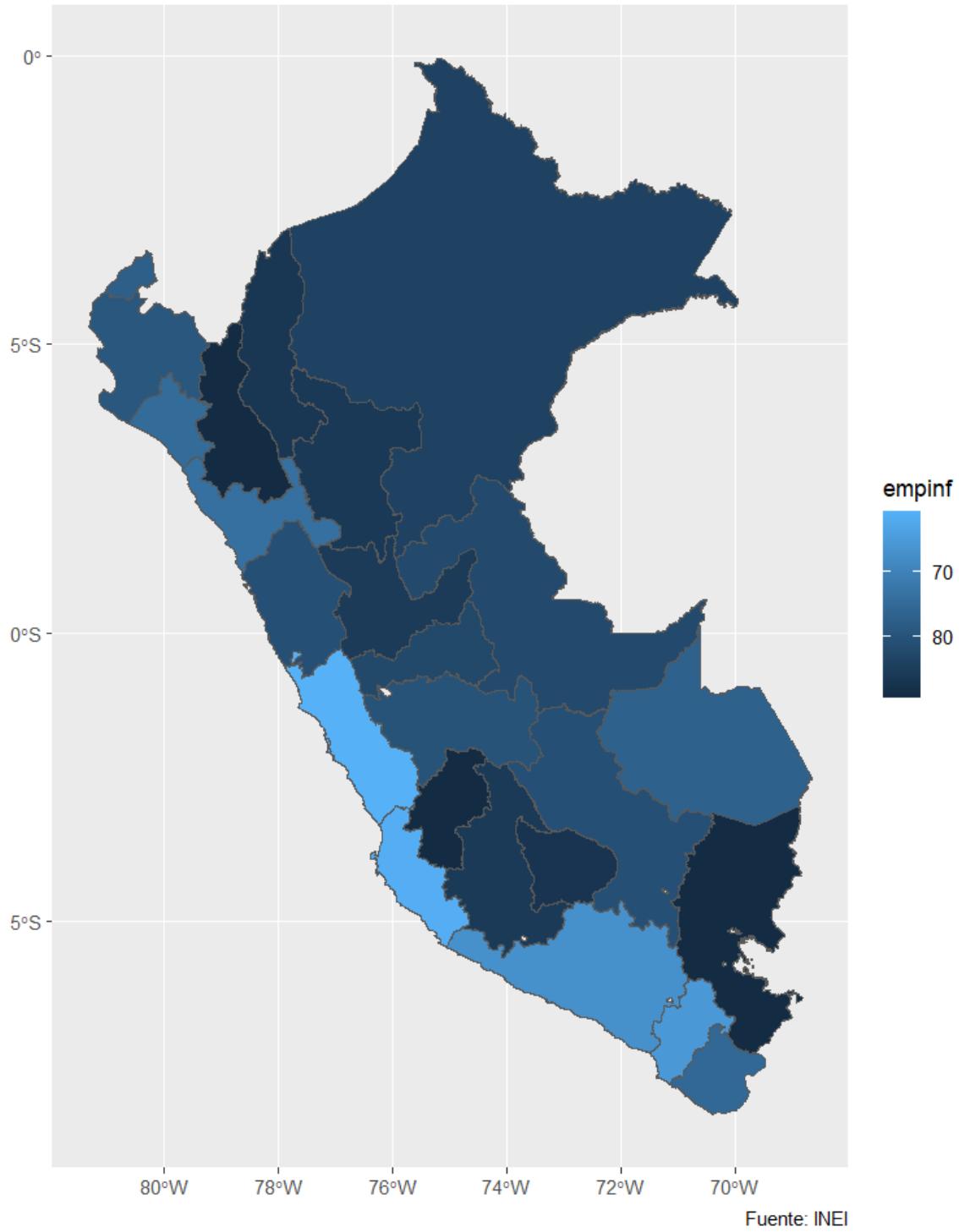
datos se recopilan a partir de imágenes satelitales que capturan la intensidad de la luz durante la noche. La justificación para utilizar estos datos se basa en la correlación entre la intensidad de la luz nocturna y la actividad económica, incluidas aquellas actividades no registradas, incluyendo las informales. Además, se incorpora información de estadísticas y encuestas para refinar el análisis.

El enfoque propuesto para estimar la economía no registrada a nivel regional implica corregir las elasticidades de la luz nocturna sobre la actividad económica medida a través del valor agregado bruto. Para abordar esto, se utilizan dos regiones como referencias para el país: Lima, que es la ciudad capital y la región con la mayor población, alrededor de un tercio del total, así como la de menor tasa de empleo informal según la Figura 2. De manera similar, Moquegua se usa como referencia debido a que es la región con el PIB per cápita más alto, más de tres veces el promedio nacional. Dado que la elasticidad de la luz nocturna respecto a la actividad económica no es uniforme entre los sectores para tener en cuenta esta variación, descomponemos la correlación con la tasa de participación de cada sector para cada región (Ecuación 1). Además, incluimos controles para la población y la población al cuadrado en la economía de cada región para capturar los efectos de aglomeración.

$$\begin{aligned} \ln(PBI_i^{PE}) = & \alpha + \beta_1^{PE} \ln(LN_i^{PE}) * P_i^{PE} + \beta_2^{PE} \ln(LN_i^{PE}) * S_i^{PE} + \beta_3^{PE} \ln(LN_i^{PE}) * T_i^{PE} \\ & + \delta \ln(LN_i^{PE}) * Bench_i + \gamma_1^{PE} Pob_i^{PE} + \gamma_2^{PE} Pob_i^{PE2} + \varepsilon \end{aligned} \quad (1)$$

- $PBI_i^{PE}$  = monthly GDP per region from 2014-2022
- $(LN_i^{PE}) * P_i^{PE}$  = Interacción de LN con los sectores primarios por región
- $(LN_i^{PE}) * S_i^{PE}$  = Interacción de LN con los sectores secundarios por región
- $(LN_i^{PE}) * T_i^{PE}$  = Interacción de LN con los sectores terciarios por región
- $(Ln_i^{PE}) * Bench_i$  = Interacción de LN con una variable para la region de referencia
- $Pob_i^{PE}$  = variable de control para la población regional
- $Pob_i^{PE2}$  = variable de control para el cuadrado de la población regional

Figura 2: Empleo informal por region 2022



### **Esquema de Identificación**

- (1) Estimar la ecuación utilizando el benchmark
- (2) Usar los parámetros de (1) para estimar la actividad regional
- (3) Calcular las diferencias entre el VBA oficial y los resultados de (2)
- (4) Medir la actividad no registrada como un porcentaje del total

Basado en Gosh et al. (2009)

Otros estudios utilizan la economía de Estados Unidos como referencia, pero un problema potencial es que existen diferencias en diversas dimensiones entre los países en cuanto a la correlación entre las luces nocturnas capturadas por satélites y la actividad económica. La investigación sugiere que, a medida que aumenta el ingreso, la tasa de incremento en las luces capturadas por los satélites puede disminuir. Estas diferencias en la relación entre las luces y el PIB podrían sesgar los resultados, ya que estamos asumiendo una relación constante entre las luces y la actividad económica independientemente del nivel de desarrollo.

Por lo tanto, para basarnos únicamente en datos peruanos, necesitamos identificar una región donde el PIB oficial se alinee estrechamente con la actividad económica real. Encontramos dos candidatos, Lima y Moquegua. Lima es la región con la mayor población y el menor empleo informal. De manera similar, Moquegua se utiliza como referencia porque es la región con el PIB per cápita más alto.

El esquema de identificación es el siguiente: primero, se estima la ecuación controlando con una variable dummy en la región de referencia que captaría el efecto de dicha región; segundo, se utilizan los parámetros de la ecuación 1 para estimar la actividad por región; (3) se calcula la diferencia entre el VAB oficial y (2); y (4) se mide la informalidad como un porcentaje de la actividad total utilizando los resultados de (3).

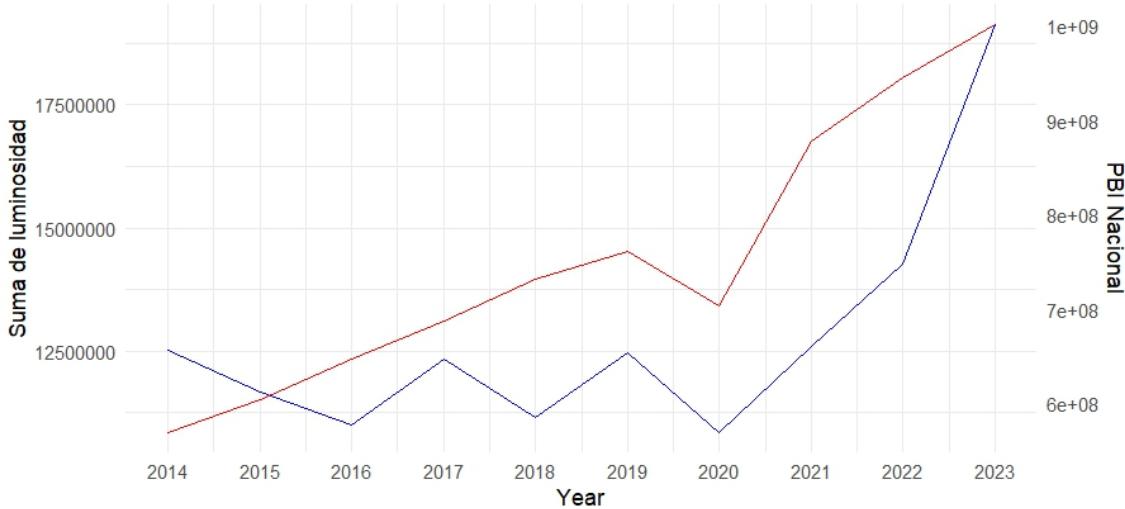
Usando las regiones de referencia podemos identificar el efecto adicional sobre la actividad de la interacción del logaritmo de las luces nocturnas  $\ln(NL_i^{PE})$  y una variable dummy para la región de referencia (ecuación 1). Donde  $Bench_i$  es una variable dummy igual a uno si la región es Lima o Moquegua en cada caso y cero de otra forma.

Entonces, el efecto porcentual de las luces sobre la actividad está dado por el coeficiente

**Figura 3: PBI y Luminosidad 2014-2023**

PBI and Luminosidad

Fuentes: NASA e INEI



Fuentes: NASA e INEI

$\delta$ , que es el efecto marginal de la región de referencia sobre la actividad. Asumiendo que el VAB oficial en esta región captura de cerca la actividad económica regional  $\delta$  mostrará la elasticidad adicional no obtenida por la región promedio.

Finalmente, al asumir una elasticidad constante entre las luces nocturnas y la actividad (solo diferente por participación sectorial), el efecto adicional de la región de referencia ( $\delta$ ) capturará la actividad económica informal para cada región. La actividad estimada  $GDP_i^{PE}$  con  $LN_i=1$  para todo  $i$ , nos da la actividad para cada región con la medida de la actividad económica registrada y no registrada. Así, la diferencia entre esta estimación y el VAB oficial nos proporciona una medida de informalidad.

## 4 Resultados y Discusión

### 4.1 Elasticidad de las luces nocturnas al Valor Agregado Bruto (VAB) Regional

A simple vista, la Figura 4 muestra que las tendencias de los datos de luz nocturna y el PIB en el período 2014-2023 a nivel nacional están correlacionadas, de manera más marcada a partir de 2019 y especialmente durante la pandemia de Covid-19. Sin embargo, es interesante notar que, de 2014 a 2019, mientras el PIB estaba al alza, los datos de luz nocturna mostraron una tendencia casi constante. Aunque no es el objetivo principal de este estudio, es útil considerar esto al analizar los resultados a nivel regional.

La Tabla 1 muestra los resultados de la Ecuación (1), incluyendo dos regresiones para cada una de las regional de referencia. En ambas especificaciones los coeficientes del PIB de los sectores son altamente significativos y positivos como se esperaba. Este resultado difiere de Rangel y Llamosas (2019) que mostró coeficientes significativos para los sectores secundario y terciario, mientras el sector primario, que en su caso incluye principalmente actividades agrícolas, registró un coeficiente no significativo.

Para explicar esta discrepancia debemos considerar que el método para agrupar actividades es clave. Mientras el estudio mexicano dividió la actividad económica en primaria (agricultura, silvicultura, pesca y caza), secundaria (minería, extracción de petróleo y gas, servicios públicos, construcción, manufactura) y terciaria (resto) basado en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, este estudio agrupó las actividades económicas utilizando la clasificación estándar en Perú, en primaria (agricultura, silvicultura, pesca, caza, minería, explotación de canteras y extracción de petróleo y gas), secundaria (construcción y manufactura) y terciaria (comercio minorista, transporte, servicios y otros).

Por lo tanto, los resultados sobre la significancia estadística son coherentes con nuestro enfoque porque las actividades primarias de minería, extracción de petróleo y gas tienen una relación fuerte con los datos de luminosidad nocturna, así como la manufactura en el caso del sector secundario. En cuanto al sector terciario, las actividades de comercio minorista, transporte y servicios tienen una relación menos relevante con los datos de luminosidad

nocturna según Ghosh et al. (2009), por lo que sus menores coeficientes también son coherentes.

En cuanto a los resultados de los coeficientes asociados a las regiones de referencia, en ambos casos sus coeficientes son negativos, Tabla 1, columnas (1) y (2), por lo que incluimos una tercera con bajo empleo informal como El Callao. En este caso, Bench3 muestra una relación positiva con el PIB como es plausible, mientras que para Lima y Moquegua, Bench1 y Bench2, muestran relaciones negativas y, en el caso de Lima, no significativa, lo cual tampoco es consistente. Esto puede deberse a que esta provincia es netamente urbana, a diferencia de Moquegua, y con mayor actividad registrada que Lima, características que mejoran el potencial de El Callao para servir como región de referencia en nuestro análisis. Asimismo, utilizar El Callao como referencia incrementa el ajuste medido a través de R-cuadrado simple y ajustado.

De acuerdo con los mapas mostrados en la Figura 4, especialmente claro en términos per cápita, la luminosidad y el PIB presentan patrones generales similares, excepto en las regiones de la selva amazónica, especialmente Loreto y Madre de Dios, que muestran una mayor luminosidad de la esperada. Explicaciones plausibles para esto son los vastos territorios de ambas regiones que afectan sus estimaciones, así como los sectores en los que ambas están especializadas: extracción de petróleo en Loreto y, en gran medida, minería de oro en Madre de Dios. Investigaciones futuras podrían abordar estos fenómenos contrastando los resultados con las regiones de la selva amazónica de Brasil y usando algoritmos de Machine Learning que incorporen estas particularidades.

La Figura 5 también muestra los factores en la elección de las regiones de referencia. En el caso de Lima, ubicada en la costa central de Perú, tiene la mayor luminosidad y PIB, aunque la luminosidad per cápita no corresponde a su nivel de PIB per cápita. Curiosamente, Lima es una región con muy poca actividad minera, por lo que su luminosidad depende principalmente de las actividades manufactureras, ya que se supone que su gran sector terciario no tiene una relación fuerte con los datos de luminosidad nocturna. Sin embargo, como se muestra en la Figura 2, Lima tiene el empleo informal más bajo.

De manera similar, Moquegua, una pequeña región ubicada en el sur de Perú y que tiene el PIB per cápita más alto, no registra una luminosidad tan alta en términos per cápita

Table 1: Resultados

	<i>Variable dependiente :</i>		
	lnvab		
	(1)	(2)	(3)
Interaccion Primario	0.258*** (0.049)	0.294*** (0.044)	0.316*** (0.037)
Interaccion Secundario	0.405*** (0.048)	0.516*** (0.056)	0.398*** (0.039)
Interaccion Terciario	0.100** (0.044)	0.109** (0.042)	0.119*** (0.036)
Benchmark Lima	-0.097 (0.080)		
Benchmark Moquegua		-0.050*** (0.016)	
Benchmark Callao			0.078*** (0.008)
Poblacion	1.242*** (0.066)	1.177*** (0.069)	1.234*** (0.056)
Poblacion <sup>2</sup>	-0.065*** (0.012)	-0.071*** (0.006)	-0.074*** (0.005)
Constante	12.240*** (0.523)	11.853*** (0.508)	11.867*** (0.429)
Observaciones	250	250	250
R <sup>2</sup>	0.895	0.899	0.927
Adjusted R <sup>2</sup>	0.893	0.896	0.925
Residual Std. Error (df = 243)	0.320	0.314	0.268
F Statistic (df = 6; 243)	346.838***	360.415***	511.208***

*Note:*

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

**Figura 4: Mapas 2014**

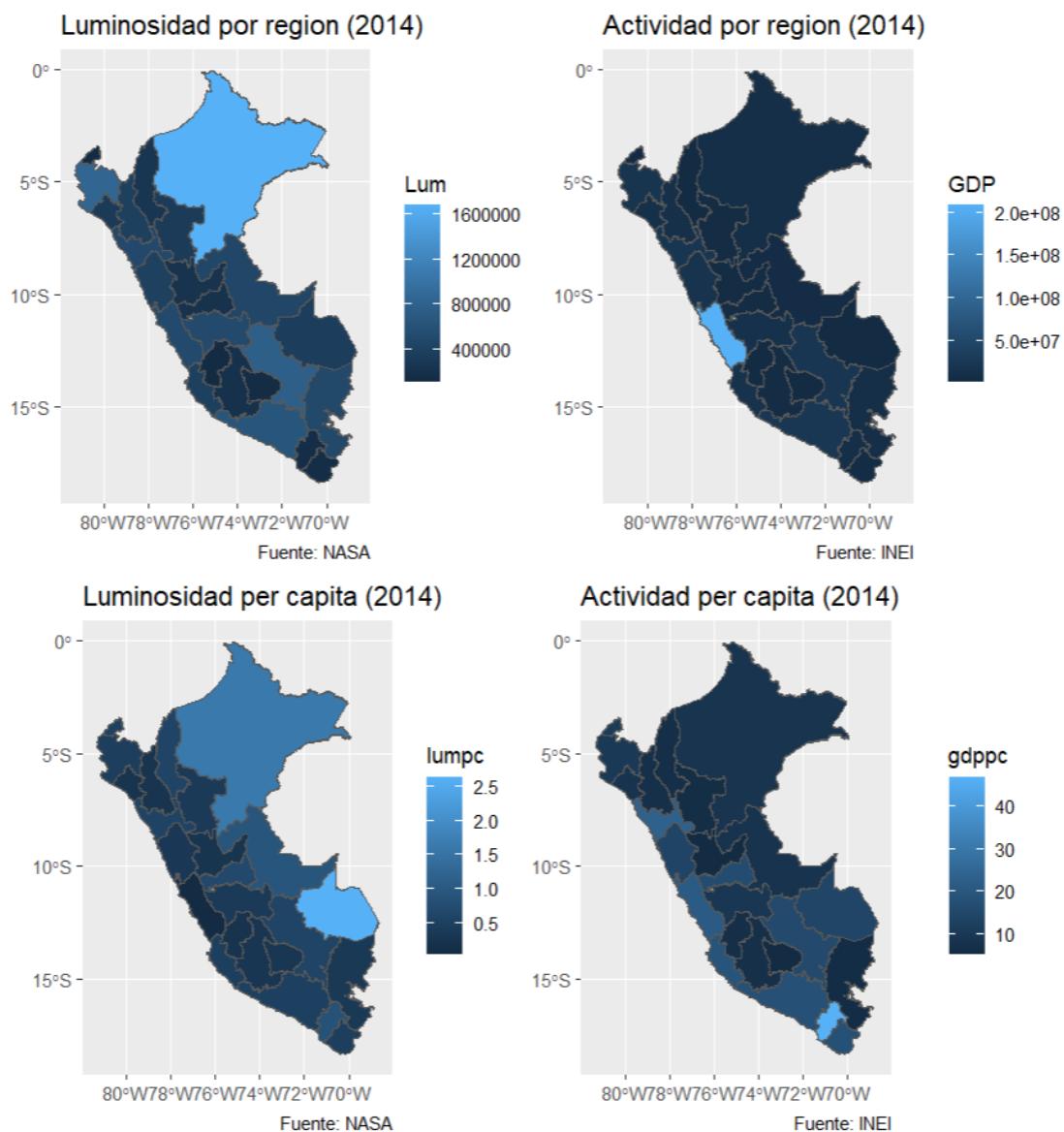
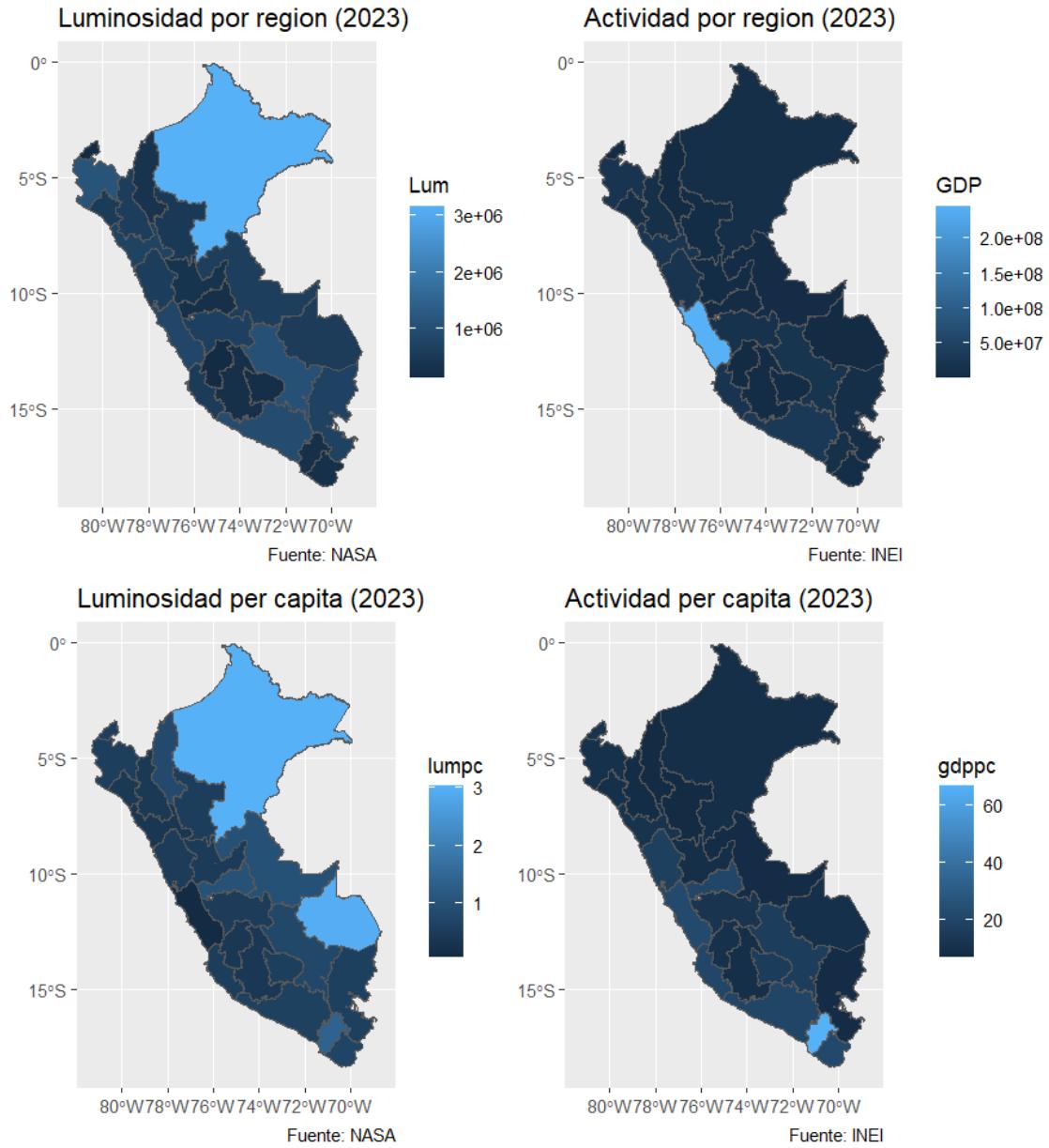
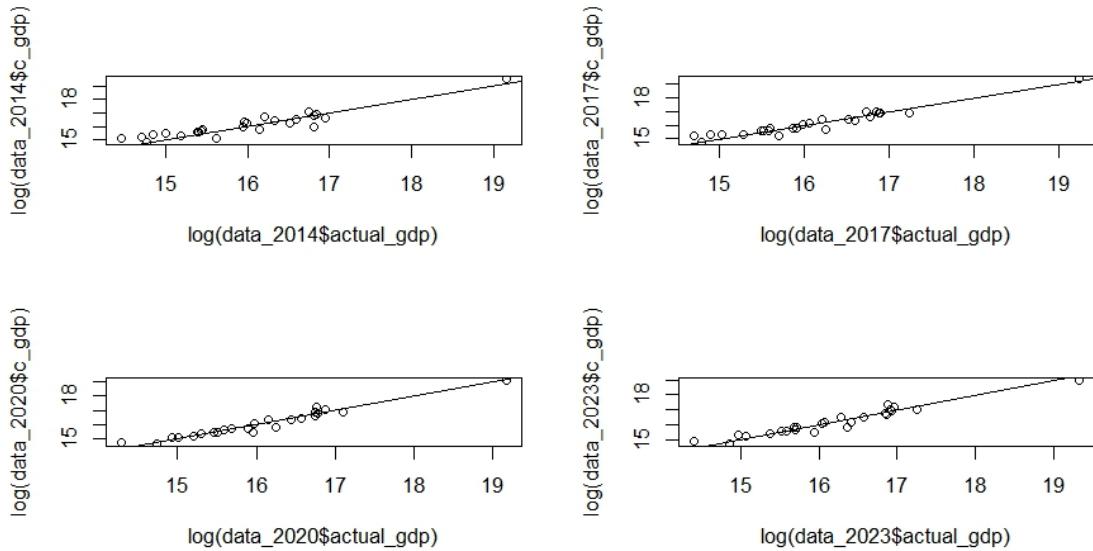


Figura 5: Mapas 2023



**Figura 5: Actividad registrada y estimada**

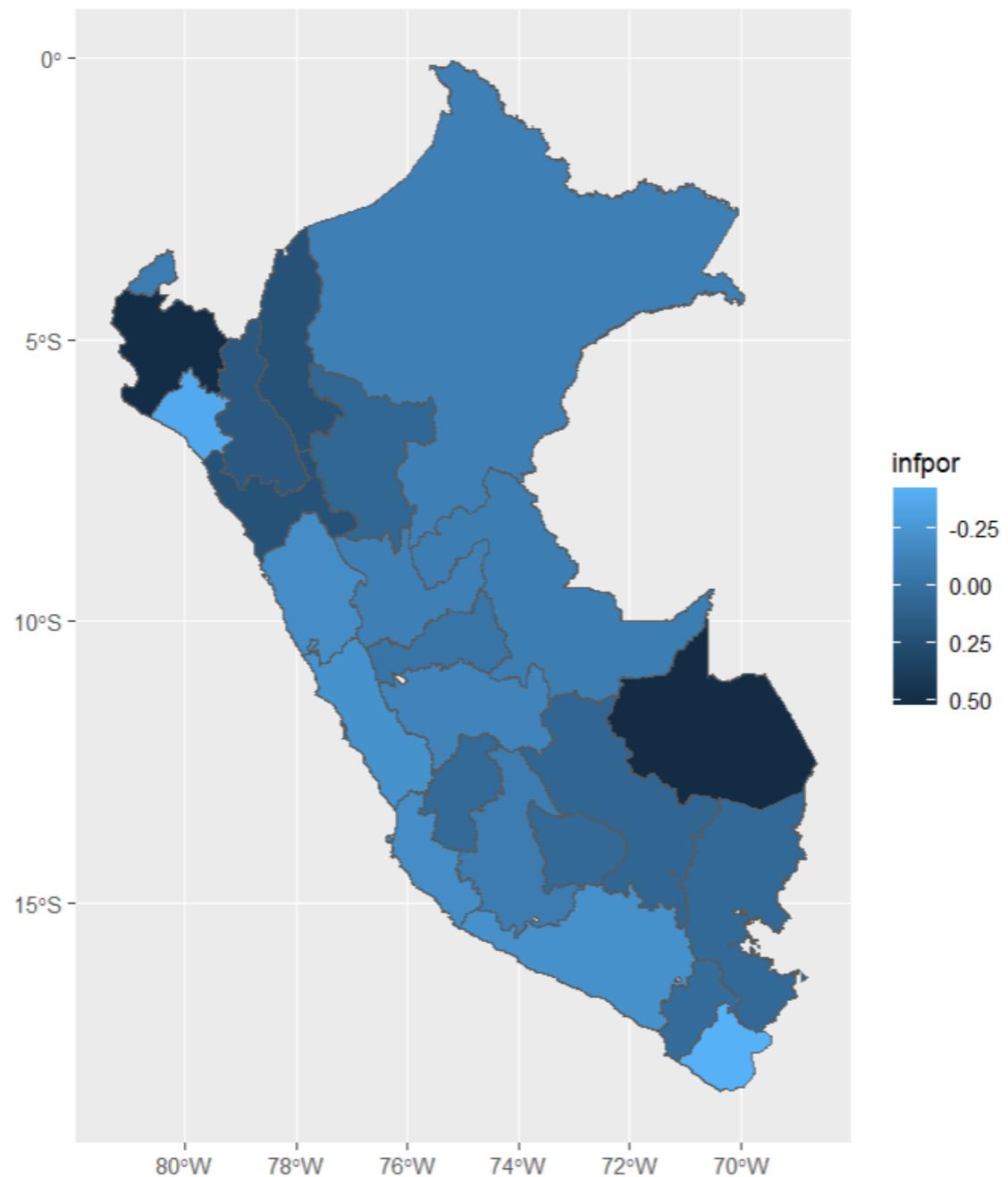


como se esperaba. No obstante, es mayor que la de Lima, por lo que hay evidencia de que las actividades mineras en la región aumentan la luminosidad, como era de esperar. Otro hecho interesante a seguir en años más recientes es el inicio de operaciones de una de las mayores minas de cobre del país.

A pesar de diferencias marginales, ambas especificaciones muestran resultados similares y un buen ajuste a los datos, representado por el R cuadrado superior al 90 por ciento. La Figura 5 muestra una prueba de robustez entre el PIB oficial y nuestro PIB estimado.

Los resultados sobre la informalidad se muestran en la Figura 7, mostrando patrones similares a los de la Figura 2 sobre el empleo informal por región. En este sentido, hay algunas regiones con resultados inesperados, como el caso de Piura en la costa norte, que muestra una actividad informal mayor de lo que predeciría el empleo informal. Las posibles explicaciones para este resultado son la proporción de agricultura que podría estar mal representada por los datos de luminosidad nocturna. Un estudio adicional sobre la comparación de ambas dimensiones de la informalidad mejoraría las políticas diseñadas con un componente regional.

Figura 6: Informalidad Estimada 2022



Finalmente, las potenciales extensiones de esta investigación son diversas dado que es un punto de partida para desarrollar indicadores proxy para la actividad informal en Perú, por lo que refinar las estimaciones considerando los posibles problemas mencionados podría ayudar a incluir medidas de informalidad en múltiples campos de estudio, que van desde la convergencia económica regional hasta temas de ciencias políticas en materia de corrupción, migración, descentralización, entre otros.

## 5 Conclusiones

Este estudio contribuye a la literatura sobre informalidad al proporcionar una nueva perspectiva basada en teledetección de datos. Los resultados indican que la informalidad en Perú es un fenómeno complejo, influenciado por una variedad de factores económicos, políticos y sociales. Las políticas para abordar la informalidad deben ser multidimensionales, considerando tanto la necesidad de formalizar la economía como la importancia de proporcionar apoyo a los trabajadores informales durante las crisis.

En términos de políticas, se recomienda un enfoque que combine incentivos para la formalización con medidas de apoyo a corto plazo para los trabajadores informales. Además, es crucial fortalecer las instituciones y la infraestructura pública en las regiones más afectadas por la informalidad para promover un crecimiento inclusivo y sostenible.

Este estudio también destaca el potencial de las nuevas tecnologías y fuentes de datos para abordar preguntas de investigación en las ciencias sociales, y sugiere que los datos satelitales pueden ser herramientas valiosas para estudiar la informalidad en otros contextos.

Sin embargo, aunque la luz nocturna se correlaciona positivamente con la actividad económica formal e informal, lo que respalda su uso como proxy en el futuro, es importante tener en cuenta que esta puede no captar toda la actividad informal, especialmente en áreas donde la actividad económica puede no generar suficiente luz para ser detectada por los satélites. Los resultados también sugieren que la informalidad está más extendida en regiones con altos niveles de pobreza y falta de acceso a servicios públicos, lo que refuerza la necesidad de políticas específicas para abordar estas disparidades.

## 6 Referencias

- Acemoglu, D., y Robinson, J. A. (2012). Why nations fail: the origins of power, prosperity and poverty. New York, Crown Publishers.
- Bennett, M., y Smith, L. (2017). Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics. *Remote Sensing of Environment*. Volume 192. Pages 176-197. ISSN 0034-4257.
- Beyer, R. C., Chhabra, E., Galdo, V., y Rama, M. (2018). Measuring Districts' Monthly Economic Activity from Outer Space. Policy Research Working Paper 8523.
- De Soto, Hernando. The Other Path: The Invisible Revolution in the Third World. New York: Harper and Row, 1989.
- Deren Li, Zhao Xia y Li Xi. (2016). "Remote sensing of human beings – a perspective from nighttime light". *Geo-spatial Information Science*. 19, 69-79.
- Elvidge, CD.; Kimberly, B.; Mikhail, Z.; Feng, C.H.; y Tilottama (2017), G. VIIRS night-time. *Int. J. Remote Sens*, 38, 5860-5879.
- Frank, Andre Gunder. (1967). Capitalism and Underdevelopment in Latin America: Historical Studies of Chile and Brazil. *Monthly Review*.
- Gosh, T. Anderson S. Powerl R. Sutton, y P. Elvidge C. (2009). Estimation of Mexico's Informal Economy and Remittances Using Nighttime Imagery. *Remote Sensing*, 418-444.
- Gosh, T. Anderson S. Powerl R. Sutton, y P. Elvidge C. (2010). Informal Economy and Remittance Estimates of India Using Nighttime Imagery. *International Journal of Ecological Economics and Statistics*. Vol. 17., 16-50.
- Guerrero, M., y Mendoza, J. (2019). "On measuring economic growth from outer space: a single country approach," *Empirical Economics*, Springer, vol. 57(3), pages 971-990, September.
- Gutiérrez-Romero, Roxana, (2021). "Inequality, persistence of the informal economy, and club convergence," *World Development*, Elsevier, vol. 139(C).

- Hu, Y., y Yao, J. (2019). Illuminating Economic Growth. IMF Working Paper WP/19/77.
- Kose, M. Ayhan; Elgin, Ceyhun; Ohnsorge, Franziska; Yu, Shu, (2021). "Understanding Informality," CEPR Discussion Papers 16497, C.E.P.R. Discussion Papers.
- Lewis, W. (1954). " Economic Development with Unlimited Supplies of Labour." <https://la.utexas.edu/users/hcleaver/368/368lewistable.pdf>
- Loayza, N., y Rigolini, J. (2006). Informality Trends and Cycles.
- Loayza, N. (2007). The causes and consequences of informality in Peru.
- Maloney, W. F. (2004). Informality Revisited. World Development, 32(7), 1159–1178. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.01.008>
- Medina, L., y Schneider, F. (2018). Shadow Economies Around the World: What Did We Learn Over the Last 20 Years? IMF Working Papers, 18(17), 1.
- Rangel, E., y Llamosas, I. (2019). An alternative method to measure non-registered economic activity in Mexico using satellite nightlights.
- Rangel, E., y Llamosas, I. (2021). Observing the Evolution of the Informal Sector from Space: A Municipal Approach 2013-2020. Working Papers 2021-18, Banco de México.
- Seminario, B., y Palomino, L. (2022). Estimación del PIB a nivel subnacional utilizando datos satelitales de luminosidad: Perú, 1993-2018. Universidad del Pacífico. <https://doi.org/10.21678/978-9972-57-493-1>

## 7 Anexos

### 7.1 Anexo 1: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023

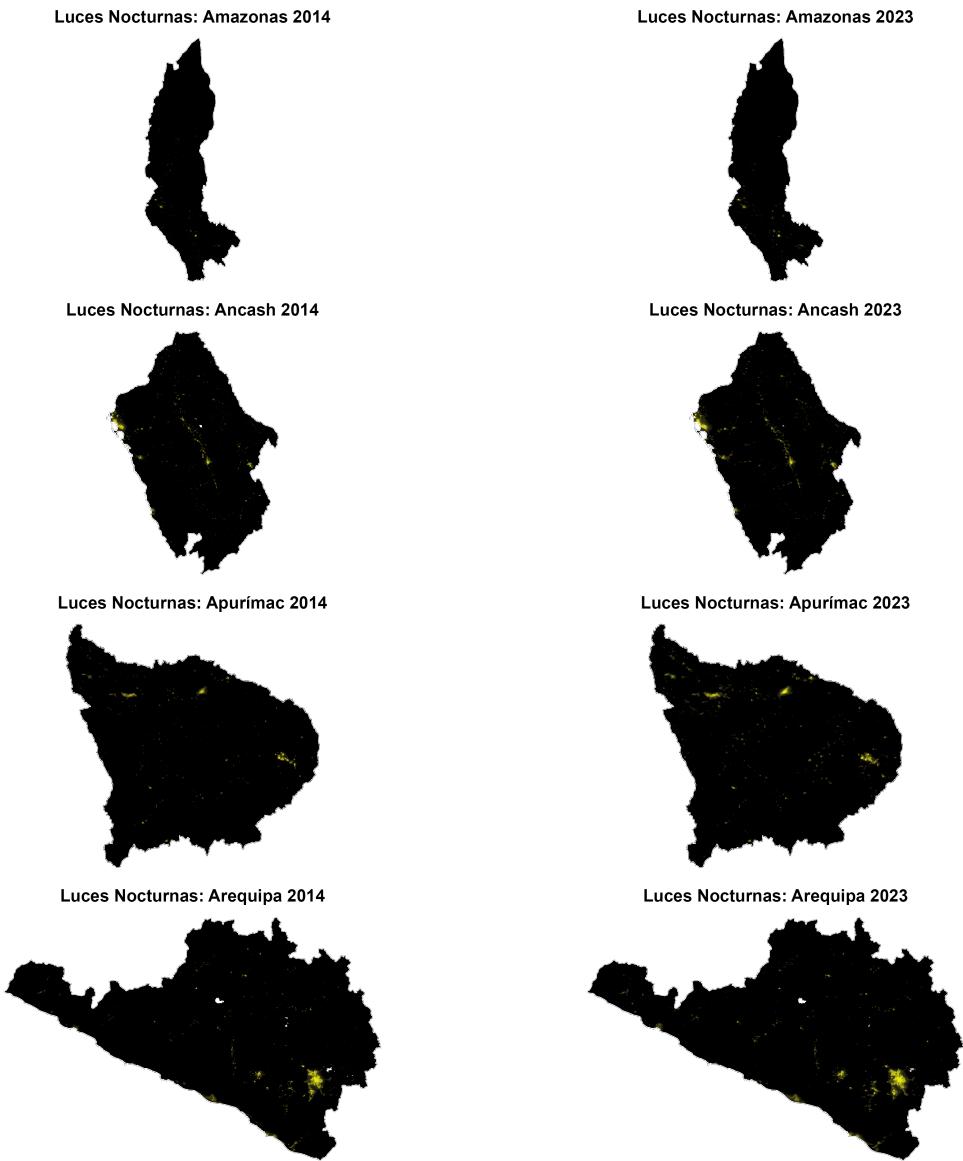


Figure 1: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (1)

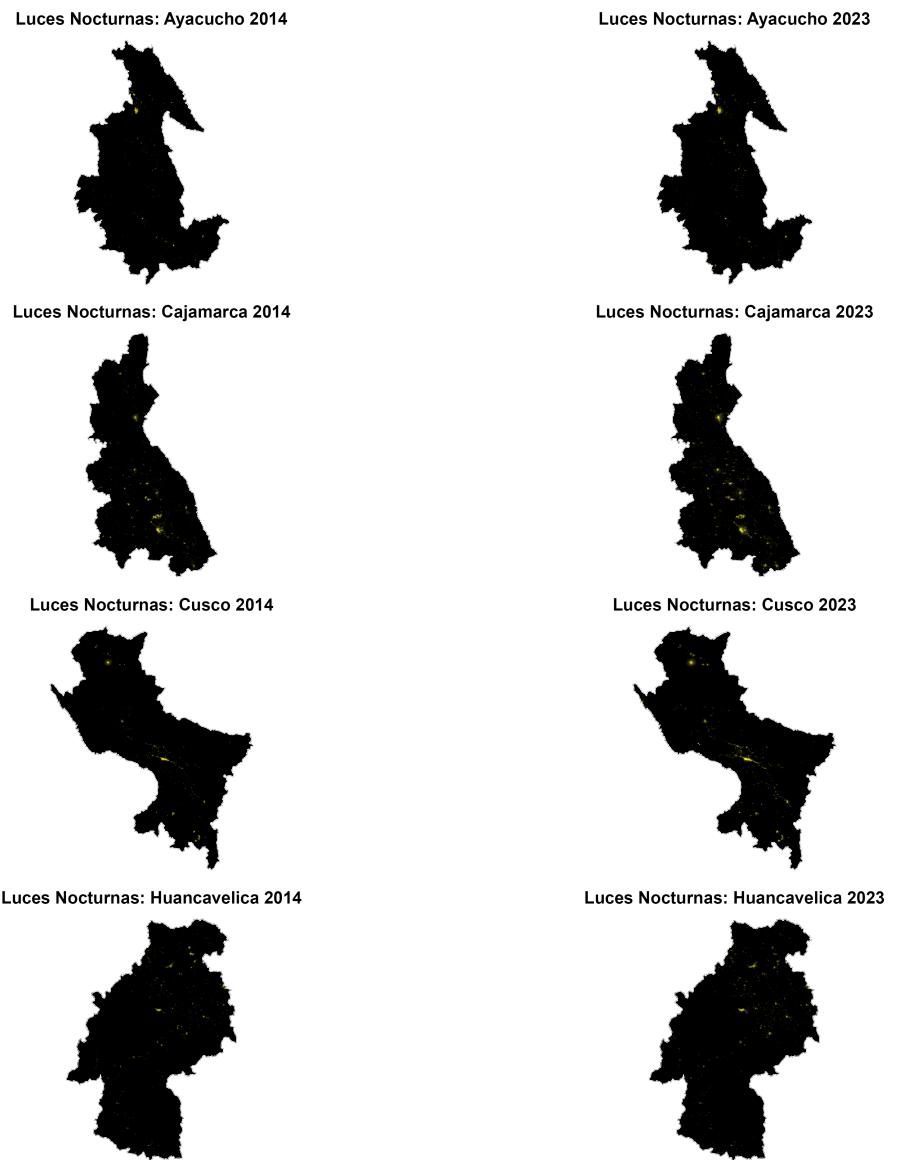


Figure 2: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (2)

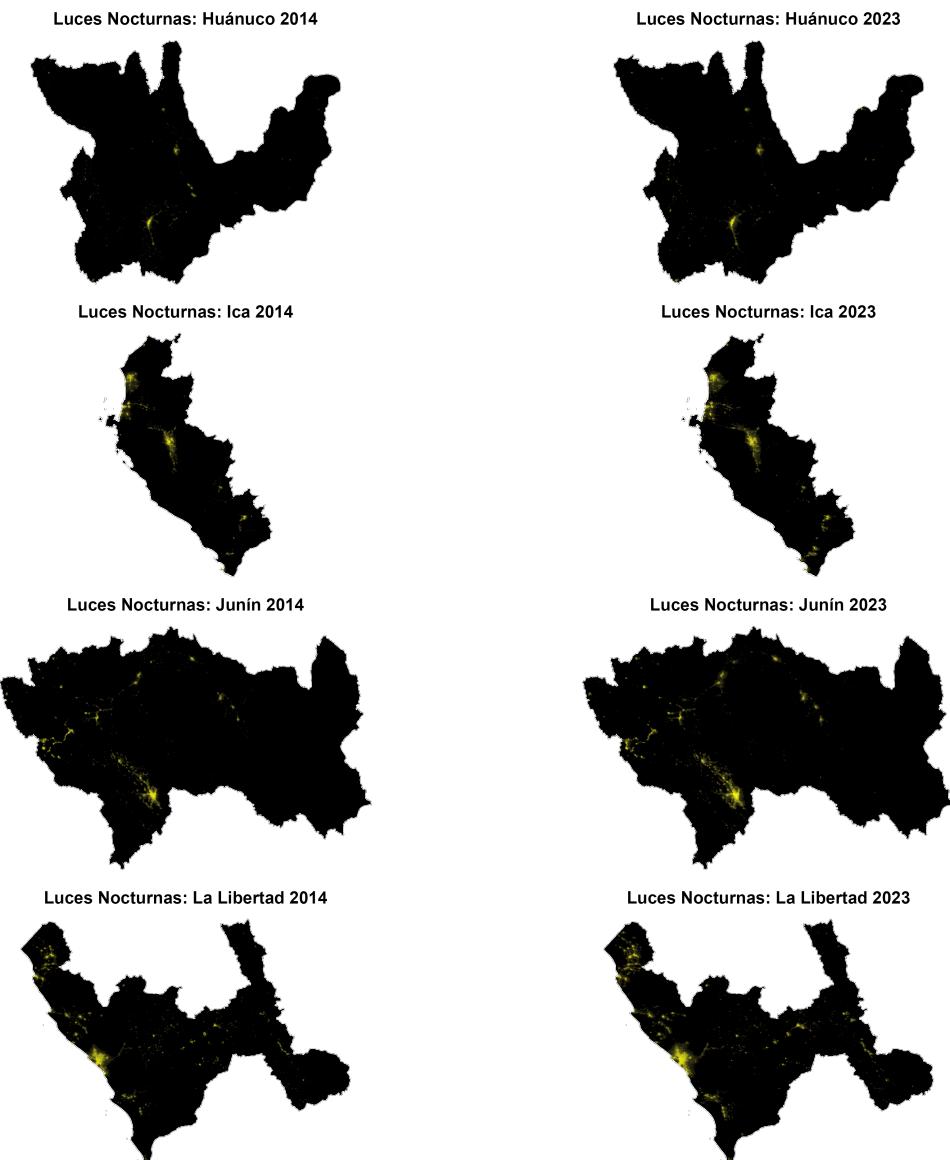
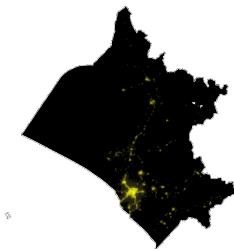
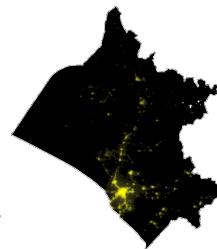


Figure 3: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (3)

Luces Nocturnas: Lambayeque 2014



Luces Nocturnas: Lambayeque 2023



Luces Nocturnas: Lima 2014



Luces Nocturnas: Lima 2023



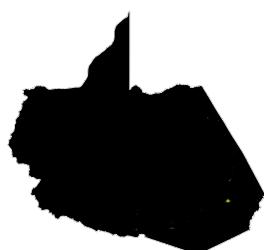
Luces Nocturnas: Loreto 2014



Luces Nocturnas: Loreto 2023



Luces Nocturnas: Madre de Dios 2014



Luces Nocturnas: Madre de Dios 2023

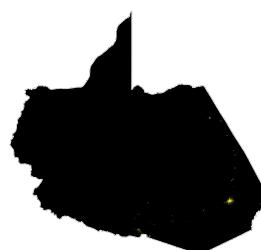


Figure 4: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (4)

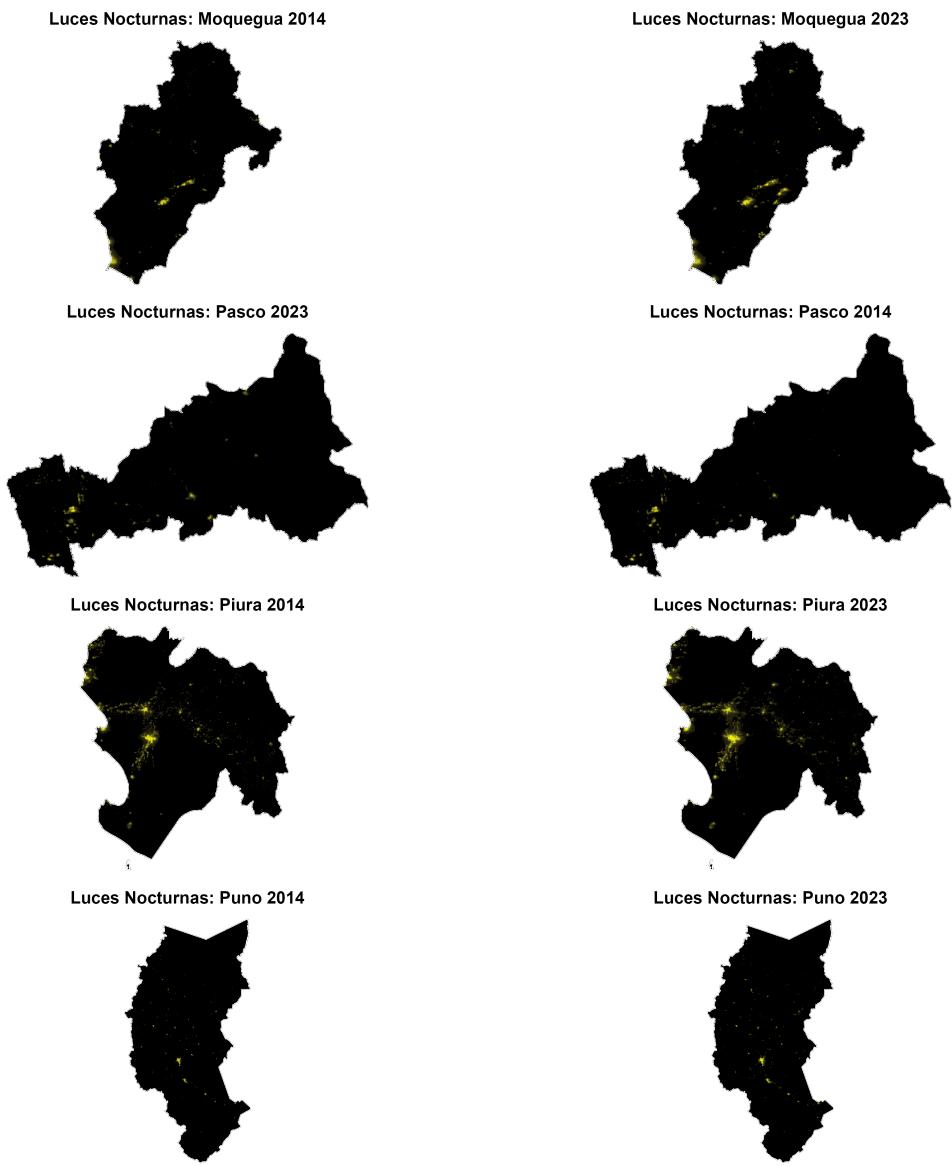


Figure 5: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (5)

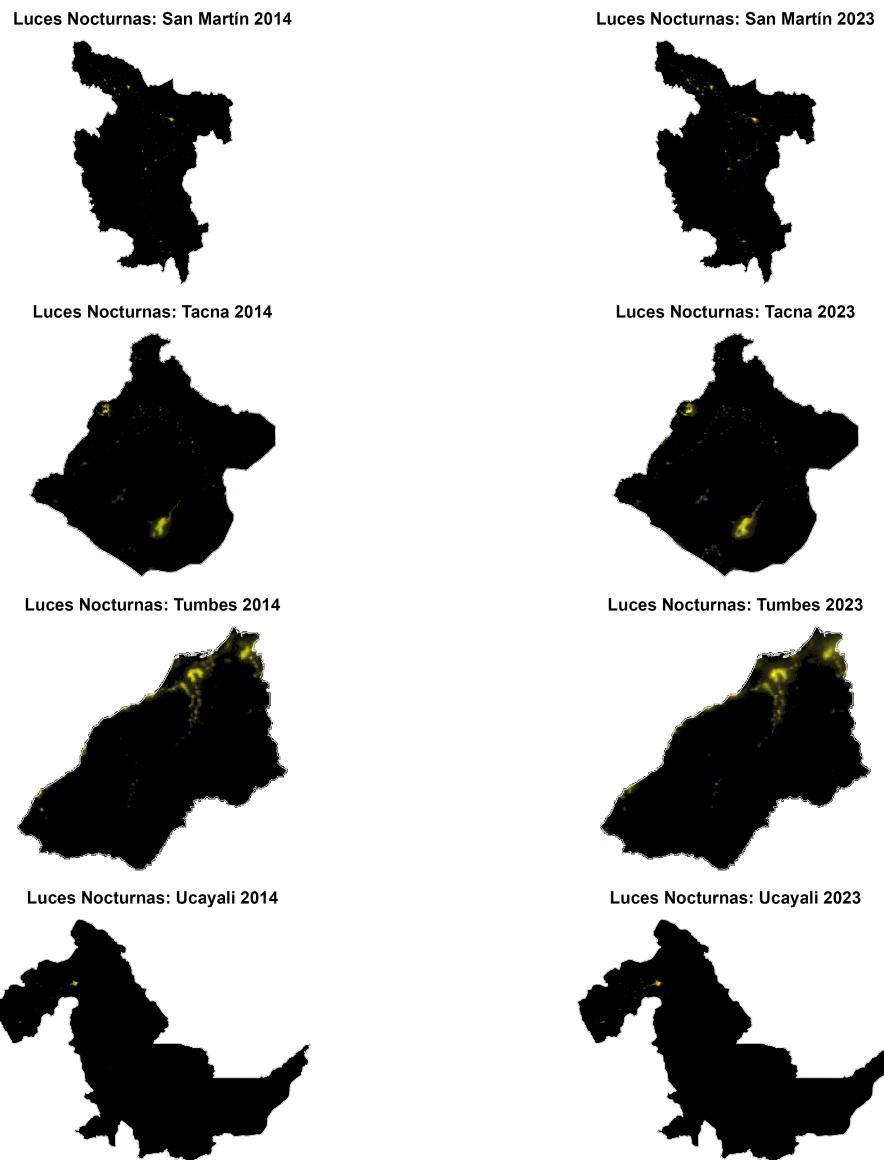


Figure 6: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (6)

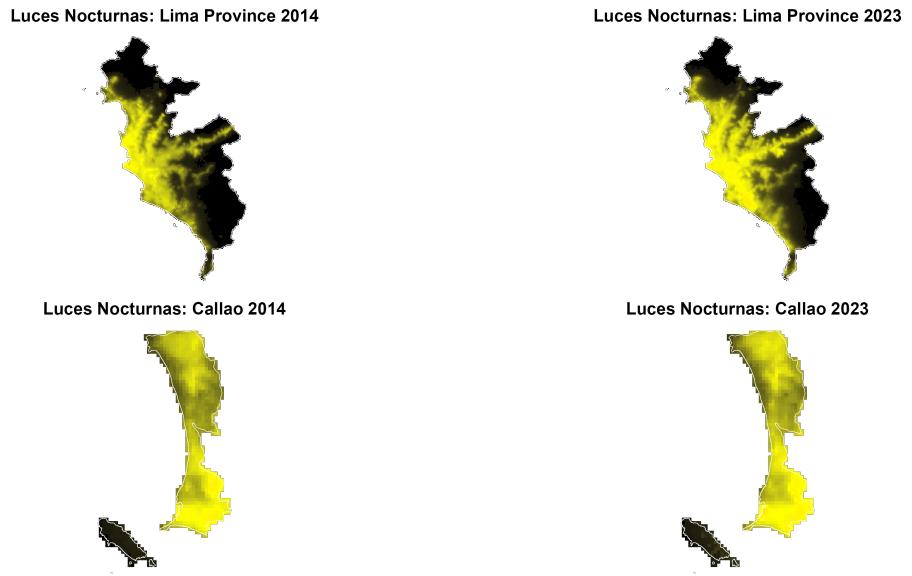


Figure 7: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023 (7)

## 7.2 Anexo 2

Table 2: Prueba de Robustez

	<i>Variable dependiente: lnuvab</i>		
	(1)	(2)	(3)
Alojamientos y Restaurantes	0.118 (0.156)	0.117 (0.155)	0.132 (0.157)
Comercio	-0.142* (0.077)	-0.142* (0.077)	-0.144* (0.077)
Construccion	0.214*** (0.063)	0.213*** (0.064)	0.216*** (0.064)
Electricidad	0.328*** (0.050)	0.326*** (0.050)	0.328*** (0.049)
Petroleo, Gas y Mineria	0.300*** (0.036)	0.299*** (0.037)	0.301*** (0.036)
Agricultura y Ganaderia	0.254*** (0.043)	0.252*** (0.044)	0.255*** (0.043)
Manufactura	0.344*** (0.037)	0.343*** (0.037)	0.349*** (0.037)
Pesca y Acuicultura	0.105 (0.147)	0.101 (0.148)	0.106 (0.147)
Telecomunicaciones	1.284*** (0.137)	1.279*** (0.137)	1.289*** (0.137)
Transporte	0.485*** (0.107)	0.483*** (0.107)	0.489*** (0.107)
Administracion publica	-0.243** (0.100)	-0.243** (0.100)	-0.237** (0.101)
Otros Servicios	0.150* (0.084)	0.148* (0.086)	0.148* (0.084)
Benchmark	-0.001 (0.005)	-0.001 (0.006)	0.003 (0.005)
Poblacion	0.944*** (0.067)	0.946*** (0.068)	0.942*** (0.067)
Poblacion <sup>2</sup>	-0.056*** (0.005)	-0.056*** (0.005)	-0.055*** (0.005)
Constante	12.375*** (0.440)	12.390*** (0.446)	12.358*** (0.440)
Observaciones	240	240	240
R <sup>2</sup>	0.964	0.964	0.964

Note:

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

### 7.3 Anexo 3: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023

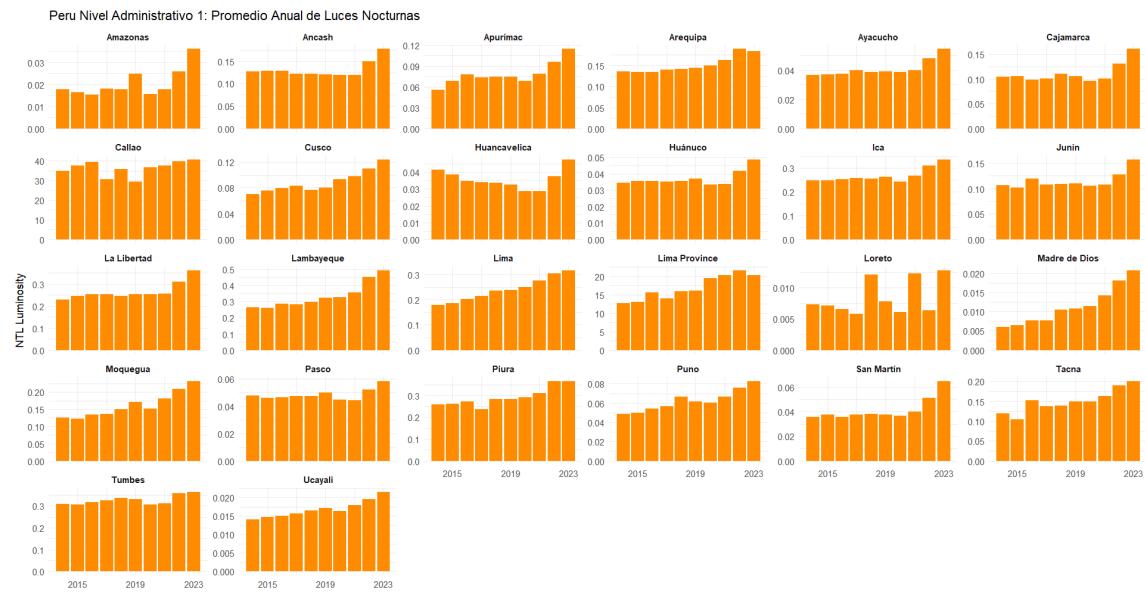


Figure 8: Luces Nocturnas por region 2014 - 2023