

Riesgo socioambiental en el Perú: identificación, caracterización y categorización de 1874 distritos al 2019, usando aprendizaje automatizado y econometría espacial

Christian Moisés Trujillo Córdova

Pontificia Universidad Católica del Perú

ORCID: 0000-0001-9206-8069

Resumen: La crisis ambiental por el cambio climático ha obligado a muchos Estados a dirigir esfuerzos hacia la transición medioambiental para reducir la probabilidad de ocurrencia de una situación con un impacto negativo sobre su población o medioambiente. El Perú no es la excepción. En tal sentido, surge la necesidad de identificar y categorizar sus distritos según un determinado riesgo socioambiental. Ante tal reto, se construyó e implementó una metodología cuantitativa multietápica, la cual hizo uso tanto del aprendizaje automatizado (supervisado y no supervisado) como de la econometría espacial. Los resultados de la metodología, visualizados a través de índices de riesgo emergentes, evidenciaron la existencia de 165 distritos considerados zonas con riesgo socioambiental (ZRS), ubicados en su mayoría en la franja costera. Finalmente, se concluye que el patrón y replicabilidad del modelo de desarrollo urbanístico en el Perú actualmente no es coherente con los esfuerzos de conservación y preservación del medioambiente.

Palabras clave: Sociedad del riesgo. Desarrollo sostenible. Vulnerabilidad socioambiental. Riesgo socioambiental. Aprendizaje automatizado.

Socio-environmental risk in Peru: Identification, characterization, and categorization of 1874 districts in 2019, using machine learning and spatial econometrics

Abstract: The environmental crisis due to climate change has forced many States to direct efforts towards environmental transition to reduce the probability of occurrence of a situation with a negative impact on their population or environment. Peru is no exception. In this sense, the need arises to identify and categorize its districts according to a certain socio-environmental risk. Faced with this challenge, a multistage quantitative methodology was developed and implemented, which made use of both machine learning (supervised and unsupervised) and spatial econometrics. The results of this methodology, visualized through emerging risk index, evidenced the existence of 165 districts considered socio-environmental risk zones (SERZ, in Spanish known as ZRS), mostly located in the coastal strip. Finally, it is concluded that the pattern and replicability of urban development model in Peru is currently not coherent with efforts towards environmental conservation and preservation.

Keywords: Risk society. Sustainable development. Socio-environmental vulnerability. Socio-environmental risk. Machine learning.

Christian Moisés Trujillo Córdova

Sociólogo, Maestro en Desarrollo Ambiental por la PUCP. Pre-docente en dicha casa de estudio y servidor público en la PCM. Ha formado parte de CISE-PUCP, Arellano Marketing y otras instituciones. Ganador de la IV Escuela de Jóvenes Ruralistas Bicentenario 2021 de YPARD Perú.

Correo: trujillo.christian@pucp.edu.pe

1. Introducción

El riesgo socioambiental refiere a «la probabilidad de ocurrencia de eventos o situaciones que tengan impactos negativos tanto en el medio ambiente como en las comunidades humanas» (Trujillo, 2023). En otras palabras, este concepto trata de reconciliar enfoques antropocéntricos y naturalistas. De esta realidad, surge la necesidad de crear una metodología que permita identificar y categorizar distritos según un determinado riesgo socioambiental.

Al igual que otros países sudamericanos, el Perú aún no escapa del flagelo de la desigualdad (Jordán et al., 2017) económica y ambiental. Desde el ámbito económico, ello implica la existencia de brechas de ingreso per cápita, así como acceso a servicios de calidad (Donet, 2019). Ambientalmente, esto genera diferencias en la gestión, protección/conservación y justicia. Además, municipios con población de ingresos y recaudación tributaria altos tienen mayores posibilidades de éxito en su gestión de residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos) e implementación de nuevos proyectos ecoamigables; en contraste de aquellos que no lo tienen (Orihuela, 2018).

En situaciones de crisis debido al impacto de factores internos y externos se eleva el nivel de vulnerabilidad de las poblaciones para afrontar diversos retos. Ello se agrava cuando confluyen otras variables como género, grupo etario, nivel socioeconómico, ruralidad, etnicidad, entre otros. En consecuencia, este escenario da lugar al incremento del riesgo socioambiental.

En la literatura, lo socioambiental se relaciona con la sostenibilidad y entiende como una unidad global inseparable a las personas, las comunidades y el ambiente. Al respecto, diferentes autores han delineado a través de sus investigaciones cuatro líneas de trabajo:

1. Maneras cómo el riesgo socioambiental forma parte de la vida cotidiana de las personas, “naturalización del riesgo socioambiental» (Maidana, 2021).
2. Acciones de los actores involucrados ante el riesgo socioambiental, replicando así las consignas: «controlar la naturaleza» o «plegarse a ella», lo cual conlleva a «suprimir o ahondar sobre el riesgo socioambiental» (Sánchez, 2016).
3. Profundizar en «un proceso histórico, condicionado por la propia situación de vulnerabilidad de una comunidad» (Merlinsky, 2006; Vallejos & Garrido, 2015).
4. Relación «educación ambiental-riesgo socioambiental»; en tanto la educación sea vista como un mecanismo de transferencia de conocimientos que permite actuar antes y después de la ocurrencia de un fenómeno natural (Ordoñez et al., 2018).

Estudios como el desarrollado son importantes ya que sus resultados pueden ser insumos para los tomadores de decisiones al momento de implementar acciones de planificación territorial, desarrollo urbano, conservación del medioambiente o defensa civil. Adicionalmente, la metodología construida permite medir el avance de la transición medioambiental en el país. A ello debe sumarse que el trabajo es un aporte a la academia, creando una manera cuantificable para conocer la realidad ambiental a pesar de la presencia de serios problemas de información, alcance, miradas contrapuestas, entre otros.

Lo ya expuesto dio lugar a plantear el objetivo principal de identificar y categorizar el riesgo socioambiental de los 1874 distritos del Perú que fueron extraídos de INEI 2019. En un segundo orden, se propuso los siguientes objetivos específicos: reconocer distritos que puedan ser catalogados como nuevas zonas con riesgo socioambiental (NZRS), caracterizar a los distritos según sus niveles de riesgo socioambiental y categorizar a los distritos según sus niveles de riesgo socioambiental.

1.1. Sociedad del riesgo

La sociedad del riesgo se entenderá como aquella donde es imposible evadir el peligro y, además, el riesgo anticipa al siniestro. En ella, bajo una lógica de mercado, se antepone la repartición y producción del riesgo sobre las ganancias. Este cambio dota al riesgo de cualidades inmanentes de la mercancía, siendo su valor (o importancia) establecido por los condicionamientos culturales de los actores (riesgos residuales), los cuales pueden evadirlo o asumir sus

responsabilidades (irresponsabilidad institucionalizada) (Beck, 1998; Cid, 2001).

1.1.1 Riesgos residuales

Para Beck, la cultura y su definición dan forma al riesgo (2000). Bajo esta lógica, los riesgos residuales se relacionan a una actitud por parte de los conocedores de la existencia de riesgos, de minimizar o reducir su importancia. Ello guarda relación con aquello que Beck concibe como relaciones definicionales.

Por un lado, se identifican los agentes que controlan el conocimiento objetivo del riesgo, lo gestionan y, además, lo definen de la misma forma como lo hacen con sus peligros o el sentido de la modernidad emergente. Por otro lado, están aquellos que, por su falta de noción sobre ellos, ni los gestionan, ni los conocen, ni los definen. La interacción de ambos agentes —que rompe el monopolio de racionalidad de las ciencias (Beck, 1998)— influye sobre lo que se percibe como riesgo o no, incluso su atención urgente.

Este tipo de relaciones se materializa en pugnas entre actores, quienes se disputan el grado de afectación y/o beneficio inherente a la ocurrencia de uno o varios riesgos. Es así como, en la modernidad tardía, el «sistema de clase» es remplazado por el «sistema de riesgos» en tanto fuente subjetiva y objetiva que legitima la desigualdad social o los desequilibrios estructurales. En tal sentido, el conjunto de relaciones definicionales implica reglas, instituciones y capacidades que aportan a la nominalización y evaluación de los riesgos; así como también a la construcción de la política del riesgo.

1.1.2 Irresponsabilidad institucionalizada

Este elemento conceptual configura un discurso de omisión de responsabilidades por las consecuencias que acarrea la ocurrencia de una catástrofe. En este escenario, se presenta un encubrimiento de los orígenes o efectos de los riesgos catastróficos y los subsecuentes peligros de la industrialización tardía por parte de las élites. Tal discurso se legitima en la articulación de componentes sociales y culturales. De esta forma, en el mundo, mientras cada vez más se posicionan legislaciones ambientales, menos instituciones y Estados asumen la responsabilidad final por los riesgos y accidentes que suscitan.

Esta irresponsabilidad tiene relación directa con los riesgos relevantes definidos por las sociedades, cultural y políticamente. Desde el plano moral,

vale preguntar: ¿Cuál es o cuáles son los estándares de una vida tolerable o intolerable? Al respecto, Beck postula dos juicios de valor ante la interrogante: (a) la relevancia cultural del valor universal de la supervivencia y (b) la atribución de los peligros a los productores y garantes del orden social (Beck, 2000, p. 13).

1.2 Riesgo socioambiental

El riesgo es «una situación de peligro latente, en donde existe la posibilidad de sufrir daños en el futuro, como resultado del impacto de uno o más fenómenos naturales o antrópicos peligrosos en una sociedad vulnerable» (Toscana, 2011, p. 3). Otros lo entienden como «la probabilidad de ocurrencia de un peligro. Y el peligro, es la ocurrencia o amenaza de ocurrencia de un acontecimiento natural o antrópico, concibiendo al fenómeno tanto en acto como en presencia» (Maidana, 2021, p. 18). Asimismo, Lavell (1996) lo concibe en tanto campo de probabilidades donde personas, estructuras físicas, sistemas productivos, entre otros, terminen dañados.

En esta sección se debe agregar dos elementos: el actor (o actores) y el lugar. Ambos ayudan a reconocer tanto la amenaza (o el peligro) como la población vulnerable. Al respecto, Cardona (2003) plantea que el riesgo es la potencial pérdida de un sujeto o sistema expuesto, resultado de la confluencia de la amenaza y la vulnerabilidad.

El presente estudio entiende como riesgo socioambiental a la probabilidad de ocurrencia de un hecho con efectos negativos que ocasione daños a elementos físicos, sociales, psicosociales, económicos y ambientales futuros; donde «el daño ejercido depende de determinadas condiciones en la sociedad, o en algún componente de la sociedad bajo consideración, por ejemplo, los individuos, las familias, las comunidades, la infraestructura, la vivienda, entre otras» (Maidana, 2021, p. 19).

1.3 Desarrollo sostenible

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN, 1980), la sostenibilidad postula la confluencia de tres dimensiones: sostenibilidad ambiental, social y económica. Aunque el debate de presentarlas como pilares, círculos concéntricos o círculos entrelazados persiste, cada una de ellas apunta a los siguientes objetivos: i) disminuir el impacto negativo que las acciones humanas tienen en el ambiente, ii) lograr un bienestar social que pueda mantenerse a largo plazo, iii) hacer un uso eficiente y responsable de los recursos para producir constantemente un

beneficio operativo.

Ciertamente, diversas voces cuestionan la idea de desarrollo sostenible basada en el modelo de tres pilares pues postulan que siempre existen vasos comunicantes entre ellos. Sin embargo, estas bases no son equivalentes. Adicionalmente, no existe un acuerdo político consensuado sobre la forma de establecer la proporción en que se da su viabilidad. Por tanto, el desarrollo sostenible acaba siendo simplemente un reconocimiento endeble.

En concreto, el desarrollo sostenible hará alusión en esta investigación a satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para garantizar sus propias necesidades. Desde el campo ambiental, ello implica crear valor y, desde el campo social, busca una repartición justa. En ambos casos, se tiene como meta generar el mínimo impacto sobre los recursos naturales.

1.3.1 Sostenibilidad social

Apostar por la sostenibilidad social implica asegurar la congruencia, aceptación y preservación de todo un sistema de valores, prácticas y símbolos de adhesión en la población. En paralelo, ello exige reducir brechas de pobreza y desigualdad social, así como lograr una armónica convivencia y bienestar (Vega, 2013), propiciando una distribución proporcional del valor generado por cada actor presente y que objeta prácticas socialmente cuestionables (Olmos, 2017).

1.3.2 Sostenibilidad ambiental

Este tipo de sostenibilidad se define como la conservación de los recursos naturales para la posteridad mientras se fortalecen ventajas competitivas (Rajala et al., 2016). En otras palabras, ello significa «crear valor con un impacto mínimo en los recursos naturales, como el agua, tierra, suelos, aire, flora y fauna» (Olmos, 2017, p. 10), lo cual conlleva pasar de una posición reactiva frente a las políticas ambientales (Sudin, 2011) a otra donde se apueste por una preminencia competitiva que permita una mejor ocupación en el plano organizacional (Gutiérrez et al., 2019).

2 Metodología

2.1 Hipótesis

Como postulado principal, se plantea que la performance medioambiental de los distritos peruanos está en estrecha relación con su grado de riesgo socioambiental. Asimismo, es altamente probable que los distritos de mayor proclividad a ser identificados como nuevas zonas con riesgo socioambiental (NZRS) sean aquellos cuyas características sociales y ambientales se asemejen a las de los 93 municipios con riesgo socioambiental identificados previamente a través de la revisión de la literatura. Además, se plantea que aquellos distritos cuyas características se asemejen a las de un distrito de zona con riesgo socioambiental (en adelante, ZRS) previamente detectado, tendrán un alto índice de riesgo social y ambiental; mientras que en el caso de distritos denominados como zona sin riesgo socioambiental (ZNRS), será lo contrario. Por su parte, el nivel de riesgo socioambiental estará vinculado a la confluencia de las performances de la sostenibilidad social y ambiental, medidas por los índices previamente mencionados.

2.2 Método y análisis de datos

En el trabajo se implementó una metodología cuantitativa multietápica de tres fases: teorización, caracterización y modelación (ver Anexo), que hace uso de la teoría de la complejidad social, el aprendizaje automatizado¹(AA) y la econometría espacial.

Dado el uso de modelos supervisados y no supervisados de AA, se elaboró una muestra representativa no probabilística la cual consideró 1874 distritos registrados hasta 2019. Dicho año fue el último donde se registró un comportamiento normal, sin distorsiones producto de la COVID-19.

Esta muestra estuvo conformada por 93 distritos con riesgo socioambiental (ZRS) y 85 sin riesgo socioambiental (ZNRS). Al respecto de los distritos ZRS, estos se seleccionaron de acuerdo con un informe conjunto entre la Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y el Ministerio del Ambiente (MINAM) al 2018 (MINAM, 2018), donde se reportó indicios de mala gestión de residuos sólidos. En el caso de los distritos ZNRS, fueron seleccionados por ser ganadores del Premio de gestión ambiental local sostenible del MINAM entre 2014 y 2016 (ANDINA, 2009; MINAM, 2016; ANDINA, 2019; Plas Perú,

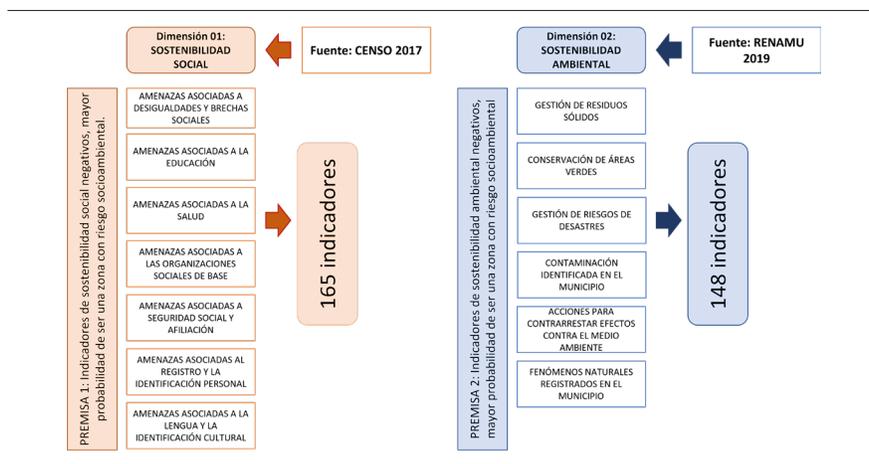
¹ Se debe precisar que, en el AA, el aprendizaje se realiza a través de la implementación de algoritmos que analizan datos y poseen capacidades predictivas.

2020). Hecho esto, se dispuso a determinar el nivel de riesgo socioambiental de los 1696 distritos restantes.

Posteriormente, en función de una inspección teórica, se identificaron los indicadores que mejor separaban distritos ZRS y ZNRS en la muestra. Aquí se sumaron dos condiciones: (1) poseer alcance distrital y (2) tener máximo 20% de información no registrada. Cada indicador se relacionó a una de las dimensiones de sostenibilidad inspeccionadas (social y ambiental) y dieron forma a las variables o subvariables. Además, se infiere hipotéticamente que el deterioro de tales dimensiones permite la aparición de ZRS.

En ambas dimensiones, la selección de indicadores se hizo a partir de la inspección y el análisis de 165 indicadores ubicados en diferentes bases de datos del INEI 2017, MEF 2016 y MINSA 2019 (XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas 2017, Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda 2012-2013 para elaborar el mapa de Pobreza Provincial y Distrital 2013 y Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud 2019) y 148 indicadores hallados en el Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU, 2019), respectivamente²

Figura 1: Dimensiones y variables consideradas para la etapa cuantitativa



Fuente: Elaboración propia.

² Para mayor detalle sobre las etapas de la investigación, la selección de indicadores y las técnicas de AA utilizadas se recomienda revisar la tesis de Trujillo, C. (2023). "Riesgo socioambiental en el Perú: Propuesta metodológica para su identificación y categorización en el ámbito distrital". La información de la data procesada para su replicabilidad se accede a través del siguiente enlace: <https://github.com/ctrujillo/Riesgo-socioambiental---Distritos-del-Per-git>

El paso previo sirvió de insumo para correr 8 modelos de AA (4 regresiones logísticas³, 1 árbol de decisión⁴, 2 clusterizaciones⁵ y 1 correlación espacial⁶), a fin de encontrar probabilidades de que los distritos sin riesgo socioambiental sean o no NZRS.

Se presume que hay mayor certeza de ser una u otra zona si el resultado de aplicar varios modelos genera una alta probabilidad de ser una zona en particular. Bajo esta lógica, las probabilidades resultantes fueron insumo para la construcción de los índices de riesgo social y ambiental, ello se expresa matemáticamente en la siguiente ecuación:

Donde:

- ARB = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de árbol de decisión
- $$\frac{(ARB + LOG_{Stats} + LOG_{SKNO} + LOG_{SKLASSO} + LOG_{SKRIDGE} + PROB_{CLUSTER_Agnes} + PROB_{CLUSTER_HCLUST} + (\sum_n^1 i/n))}{N}$$
- LOG_{Stats} = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de regresión logística (librería Statsmodels)
- LOG_{SKNO} = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de regresión logística (librería Sklearn - No penalizado)
- $LOG_{SKLASSO}$ = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de regresión logística (librería Sklearn - LASSO)
- $LOG_{SKRIDGE}$ = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de regresión logística (librería Sklearn - RIDGE)
- $PROB_{CLUSTER_Agnes}$ = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de clúster (distancia euclidiana con AGNES)
- $PROB_{CLUSTER_HCLUST}$ = Probabilidad de ser ZRS según el modelo de clúster (distancia euclidiana con HCLUST)
- $(\sum_n^1 i/n)$ = Probabilidad de ser ZRS según modelo de correlación espacial (Promedio de probabilidad de los «n» indicadores)
- N = Número total de modelos analizados

³ La regresión logística usa múltiples variables que permiten estimar la relación existente entre una variable dependiente no métrica, en muchos casos dicotómica, y un conjunto de variables dependientes métricas y no métricas con el objetivo de estimar, en el caso de los 1696 distritos considerados «desconocidos» en la población objetivo, la probabilidad de ocurrencia de ser ZRS o ZNRS. Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se utilizó el programa Python, que otorga dos alternativas complementarias para la aplicación de este modelo: el paquete Statsmodel (STAT) ofrece un modelado desde una perspectiva estadística y el paquete Scikit-Learn (SK) ofrece lo mismo, pero desde una perspectiva de aprendizaje automatizado.

⁴ Los árboles de decisión son modelos predictivos formados por reglas binarias (sí/no) con las que se consigue repartir las observaciones en función de sus atributos y así predecir el valor de la variable de respuesta. Los árboles de decisión tienen un primer nodo llamado raíz (*root*) y luego se descompone el resto de los atributos de entrada en dos ramas planteando una condición que puede ser cierta o falsa. En tal sentido, este método es útil para clasificar distritos ZRS y ZNRS.

⁵ El modelo de clustering es parte de las técnicas no supervisadas que se desarrollaron con la finalidad de buscar patrones o grupos en un conjunto de observaciones. Todos los métodos de clustering coinciden en el uso de la distancia como cuantificación de la similitud o diferencia entre observaciones. Este método es considerado adaptable a diferentes situaciones, debido a que se puede utilizar cualquier tipo de distancia. En el caso de la dimensión social, se utilizó la distancia euclidiana con dos tipos de clústeres, AGNES y HCLUST. En el caso de la dimensión ambiental, se usaron las distancias euclidiana y decil con el clúster diana en ambas distancias. El uso de las distancias y los clústeres en cada una de las dimensiones respondió a la eficacia parcial o total para poder separar el conjunto de distritos ZRS del ZNRS.

⁶ La esencia de la autocorrelación espacial es analizar la variabilidad de un fenómeno a través del espacio geográfico para determinar patrones espaciales y describir su comportamiento; es decir, puede ser entendida como el medio para comprender la forma de distribución del fenómeno estudiado en el espacio analizado y en qué grado los elementos locales pueden verse afectados por sus vecinos. El procedimiento es intrínsecamente geográfico. De esta manera, se refleja el comportamiento de la información georreferenciada.

Por otro lado, el índice de riesgo socioambiental es un promedio simple del índice social y ambiental. Ello fue calculado para cada distrito no identificado. Con todos estos insumos, se estableció un nivel de criticidad del riesgo socioambiental (ver Tabla 1): (1) alto, (2) medio alto, (3) medio bajo y (4) bajo.

Tabla 1: Niveles de criticidad del riesgo socioambiental

NIVEL	RANGO
Alto	$RS > 0.80$
Medio alto	$0.60 < RS < 0.80$
Medio bajo	$0.40 < RS < 0.60$
Bajo	$RS < 0.40$
ZRS	IDENTIFICADOS (=1)
ZNRS	IDENTIFICADOS (=0)

Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterizar a los distritos según sus niveles de riesgo socioambiental

Por medio de la técnica de corte óptimo, se analizaron 165 indicadores de relevancia social. De este conglomerado, 5 cumplen con el objetivo de diferenciar un distrito ZRS y ZNRS (ver Figura 2). Estos indicadores son los siguientes: (a) porcentaje de establecimientos de salud privados al 2019, (b) porcentaje de población que no cuenta con ningún tipo de seguro de salud al 2017, (c) porcentaje de población que cuenta con seguro de EsSalud al 2017, (d) porcentaje de viviendas cuyo residente declara que la vivienda es propia sin título de propiedad al 2017 y (e) porcentaje de población entre 15 y 29 años que no estudia ni trabaja entre 2012 y 2013.

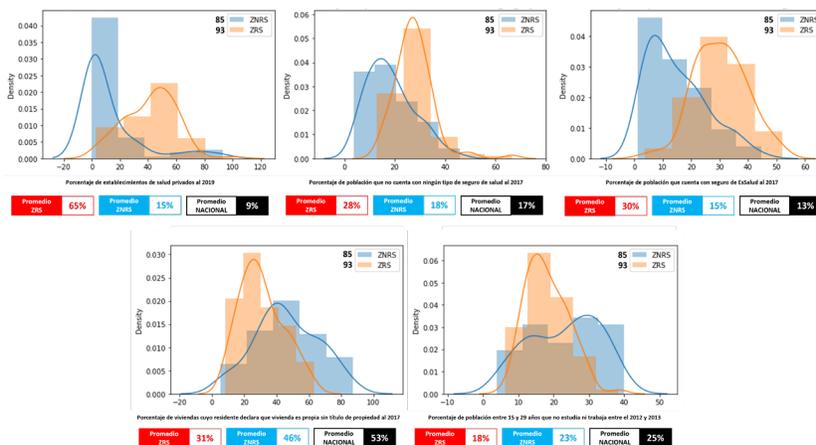
Al respecto de los tres primeros indicadores, sus promedios en los distritos ZRS se presentan mayores a los registrados tanto en los distritos ZNRS y el nacional, en ese orden. De manera inversa, en los dos indicadores restantes, el promedio nacional era mayor al de los distritos ZNRS, y mayor aún de los distritos ZRS.

De acuerdo con la literatura, el primer indicador da indicios sobre el avance del sector privado en el territorio nacional, lo cual tiene relación con el grado de inclusión de la economía de una jurisdicción al mercado. Por su parte, el segundo indicador evidencia el alcance de cobertura de la protección social en salud. En tanto, el tercero visibiliza el nivel de formalización del empleo, ya que es una forma de conocer ciertas estadísticas sobre trabajadores en planilla.

Al respecto del cuarto, permite conocer el grado de seguridad jurídica con que cuenta un bien inmueble a través de su inscripción del derecho de propiedad en registros públicos. Tal condición convierte a este derecho en una garantía institucional para la generación de riqueza y desarrollo económico de las sociedades. De esta manera, a aquel ciudadano que cuente con un título inscrito, será más difícil despojarlo de su propiedad porque goza de protección jurídica.

Finalmente, el último indicador evidencia la existencia de condiciones para la promoción del empleo juvenil. Aunque usualmente el aumento de esta población se relaciona con factores personales⁷, existen también factores estructurales como la falta de oportunidades educativas o laborales y diferencias socioeconómicas.

Figura 2: Comparativo del promedio de los indicadores sociales seleccionados, según ZRS y ZNRS preseleccionados



Fuente: Elaboración propia con información INEI 2017, MEF 2016 y MINSA 2019

⁷ Ello se vincula a la prevalencia de desmotivación, falta de interés, problemas de salud mental o falta de apoyo familiar/social.

En relación con la dimensión sostenibilidad social, se constata que los distritos o zonas con riesgo socioambiental (ZRS) presentan una mayor inclusión en la economía de mercado, permiten una mayor cobertura de la protección social, propician una mayor formalización, generan mejores condiciones para la promoción del trabajo juvenil y brindan una mayor seguridad jurídica de la propiedad privada.

Pasando a otro campo de análisis, se inspeccionó 148 indicadores de relevancia ambiental. De este conglomerado, 5 cumplen con el objetivo de diferenciar distritos (ver Figura 3). Estos indicadores son los siguientes: (a) porcentaje del gasto total en el servicio de limpieza pública destinado al recojo domiciliario, transporte y destino final de los residuos sólidos al 2019, (b) porcentaje de instrumentos de gestión del riesgo de desastres en un municipio al 2019, (c) porcentaje de fenómenos naturales registrados en un municipio al 2019, (d) porcentaje de elementos contaminantes identificados en el municipio al 2019 y (e) porcentaje de acciones realizadas en el municipio para contrarrestar efectos contra el medioambiente al 2019.

A excepción del indicador «porcentaje de fenómenos naturales registrados en un municipio», todos los otros indicadores tienen promedios en los distritos ZRS mayores a los registrados tanto en los distritos ZNRS como en el promedio nacional, en ese orden. Es importante mencionar que el promedio del indicador excepción fue menor al nacional, y menor aún al de los distritos ZNRS.

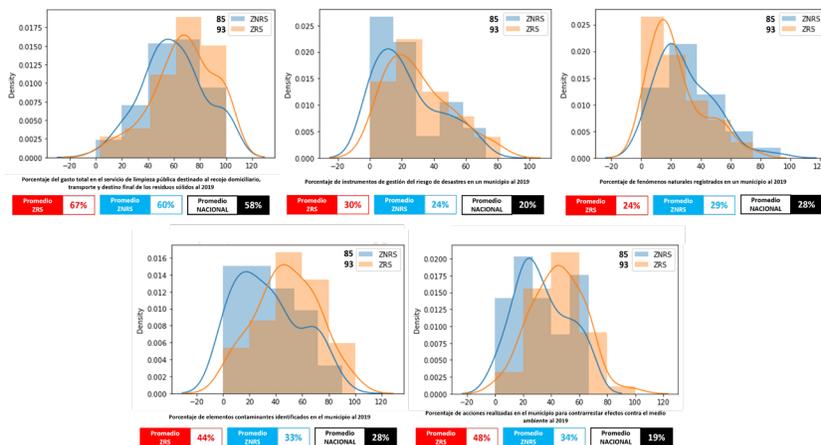
Según la base teórica revisada, el primer indicador muestra la conciencia ambiental en las autoridades ediles. En cuanto al segundo, este tiene relación con la implementación de acciones de adaptación al cambio climático, el desarrollo sostenible planificado y la puesta en marcha de políticas o estrategias nacionales.

En el caso del tercero, ello se asocia usualmente a la incidencia de los efectos negativos del cambio climático, la falta de control ante el crecimiento urbano, la ausencia de planes de desarrollo sostenible, la expansión poblacional y la debilidad de las estrategias de mitigación/preparación frente a desastres o amenazas.

En torno al cuarto, su presencia en ciertos espacios es consecuencia del aumento de la actividad industrial. No obstante, no se descarta que ello responda al incremento de actividades informales o ilegales.

Por último, el quinto puede dar algunas pistas sobre la reducción de emisiones, la conservación de recursos naturales, la protección de la biodiversidad y la promoción de prácticas sostenibles.

Figura 3: Comparativo del promedio de los indicadores ambientales seleccionados, según ZRS y ZNRS preseleccionados



Fuente: Elaboración propia con información del RENAMU (2019).

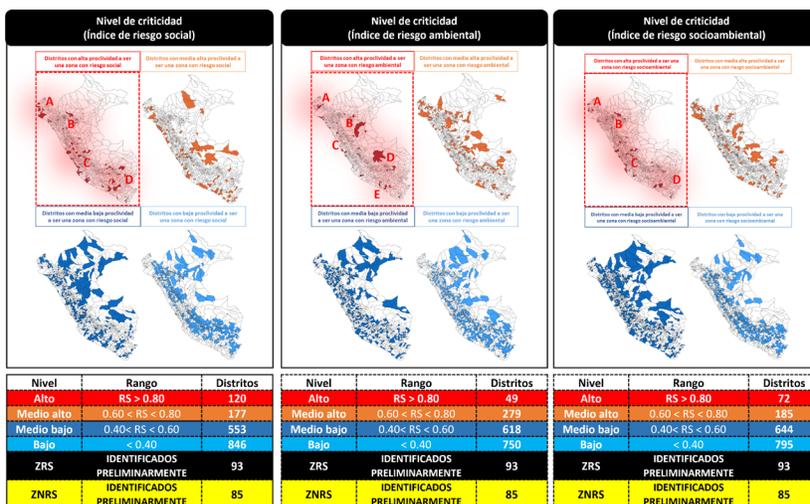
Con respecto a la dimensión sostenibilidad ambiental, se presume que los distritos ZRS poseen autoridades ediles con mayor conciencia ambiental, desarrollan mejores condiciones que permiten un desarrollo sostenible planificado y generan una posición más activa frente a impactos negativos contra el medioambiente. Cabe mencionar que los distritos ZRS presentan en promedio un mayor porcentaje de elementos contaminantes identificados en un municipio, si se compara con distritos ZNRS y el promedio nacional. Esto puede indicar el avance de la actividad industrial, ilegal o informal.

3.2 Categorizar a los distritos según sus niveles de riesgo socioambiental

Considerando los 1874 distritos al 2019 (ver Figura 4), se revela que 6.40% de distritos tienen un alto riesgo social, 9.45% medio alto, 29.51% medio bajo y 45.14% bajo. Con relación al riesgo ambiental, 2.61% de distritos poseen alto riesgo, 14.89% medio alto, 32.98% bajo y 40.02% bajo. Con referencia al

riesgo socioambiental, 3.84% distritos pueden ser calificados como NZRS al tener alto riesgo, 9.87% medio alto, 34.36% medio bajo y 42.42% bajo.

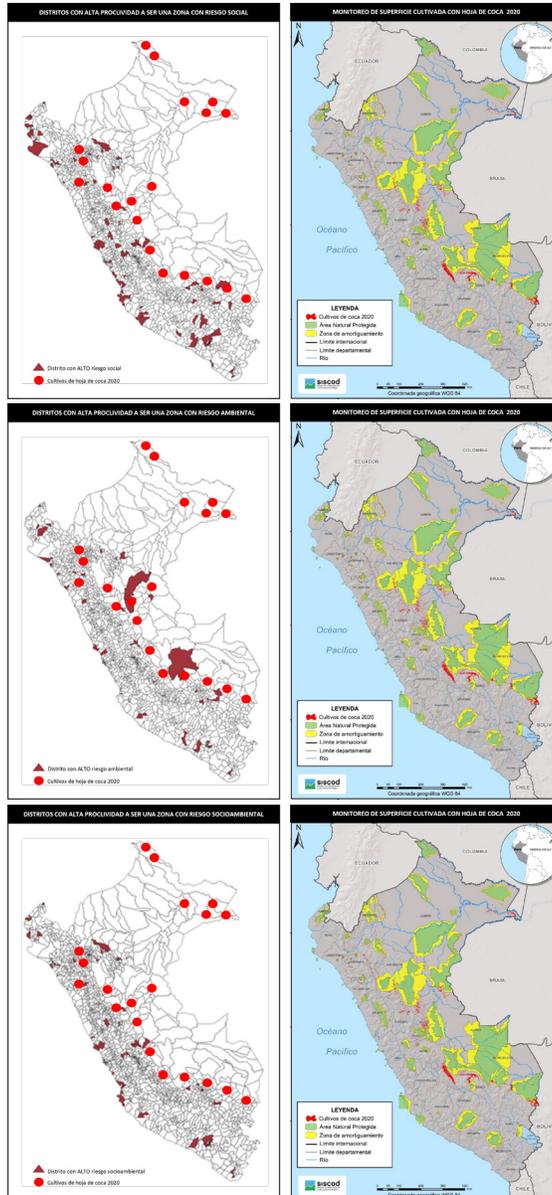
Figura 4: Nivel de criticidad según índice de riesgo (social, ambiental y socioambiental)



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se identificó que los distritos con alto riesgo (social, ambiental o socioambiental) a lo largo de la franja andina y ceja de selva (ver Figura 5) son espacios cercanos a puntos donde proliferan actividades conexas al cultivo de hoja de coca. Entre las zonas más próximas están, de norte a sur, Marañón, Alto Chicama, Huallaga, Contamana, Aguaytía, Callería, Pichis-Palcazú-Pachitea, Vraem, La Convención-Lares, Kosñipata y San Gabán. Por otro lado, no se encontraron distritos con alto riesgo en el Bajo Amazonas, Triple Frontera, a lo largo del Río Putumayo e Inambari-Tambopata. Esta particularidad lleva a preguntarnos: ¿En qué medida zonas con actividad ilegal o criminal propician la aparición de NZRS en este espacio?

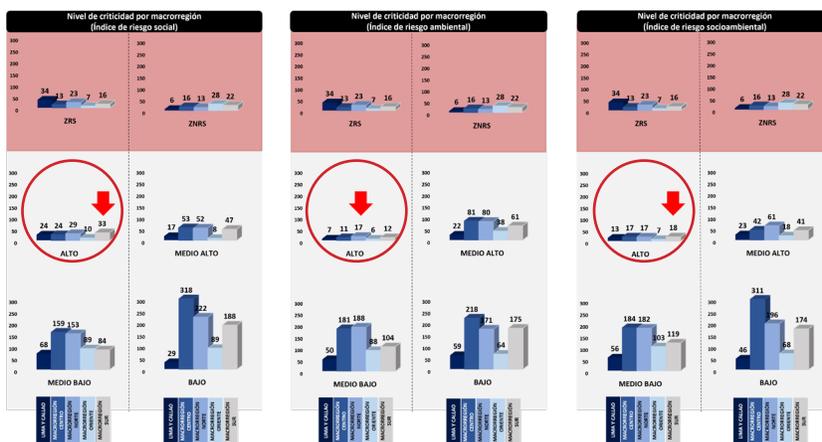
Figura 5: Criticidad según índice de riesgo y áreas de producción de hoja de coca



Fuente: Elaboración propia con información de DEVIDA (2021).

Un análisis de la criticidad por macrorregión (ver Figura 6) revela que la mayor cantidad de nuevos distritos con alto riesgo social se encuentra en la macrorregión sur. En esta zona, este resultado coincide con la presencia de distritos con altos índices de pobreza. Asimismo, la mayor cantidad de nuevos distritos con alto riesgo ambiental se ubica en la macrorregión norte. En cuanto a esta área, el boyante crecimiento económico e impacto ambiental posiblemente expliquen la proliferación de distritos con altos índices de este tipo de riesgo.

Figura 6: Nivel de criticidad según macrorregión

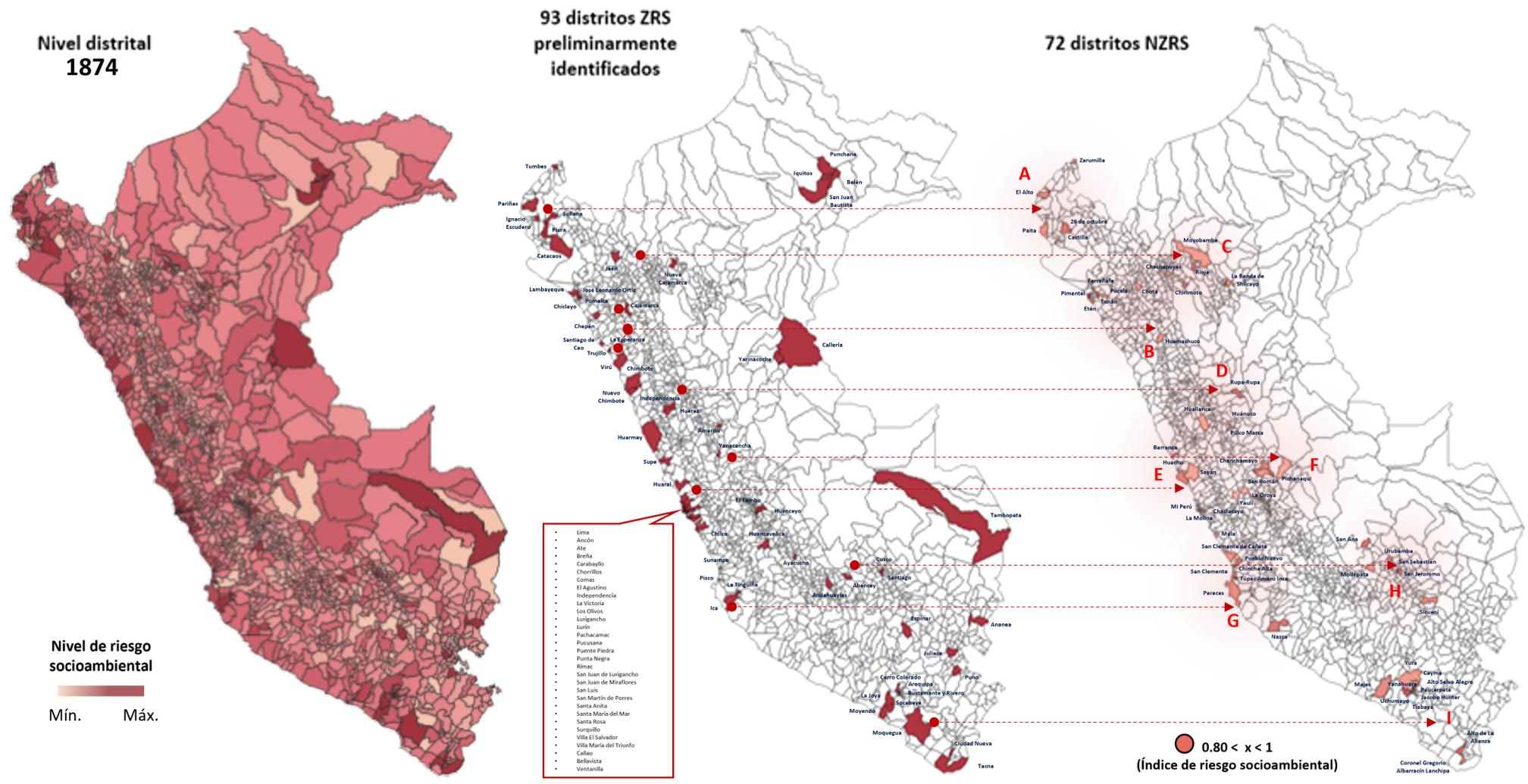


Fuente: Elaboración propia.

3.3 Reconocer nuevos distritos con riesgo socioambiental

La investigación identificó 72 distritos NZRS, cuyas características sociales y ambientales son similares a los 93 distritos ZRS identificados preliminarmente. De la Figura 7, se constata que muchos NZRS se encuentran cercanos a los ZRS. Posiblemente, ello supone que los NZRS son espacios de proyección de los ZRS. Por tanto, en el Perú, se advierte que la copia indiscriminada del patrón urbanístico imperante propicia la aparición de distritos NZRS.

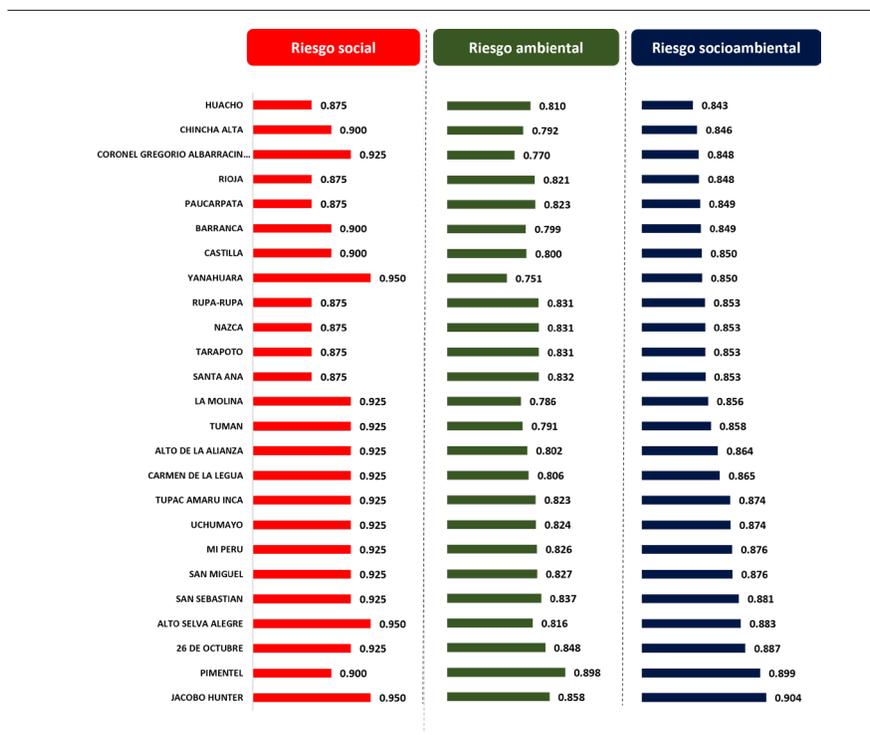
Figura 7: Mapa del Perú según nivel de riesgo socioambiental (1874), ZRS preliminarmente identificadas (93) y NZRS resultantes (72)



Fuente: Elaboración propia.

Los rankings de riesgos revelan que Yanahuara, Alto Selva Alegre y Jacobo Hunter, en Arequipa, son los distritos con mayor riesgo social; mientras Pimentel (Lambayeque), Jacobo Hunter (Arequipa) y 26 de octubre (Piura) tienen los mayores riesgos ambientales.

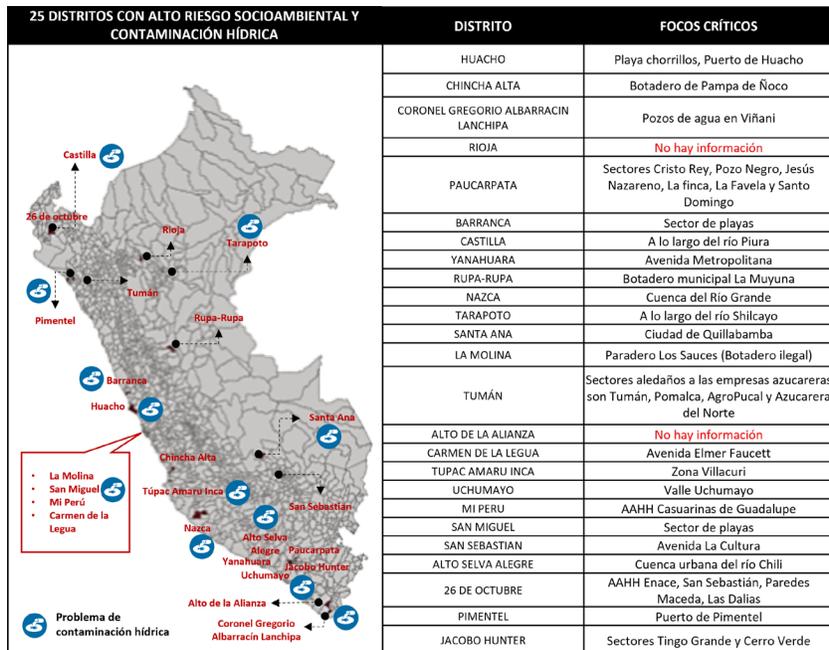
Figura 8: Ranking de 25 distritos ZNRS según tipo de índice de riesgo



Fuente: Elaboración propia.

Focalizando el análisis sobre los 25 distritos con alto riesgo socioambiental, se detecta que en el 48% de estos distritos la contaminación del recurso hídrico es parte central de la problemática ambiental proliferante en tales jurisdicciones (ver Figura 9). Adicionalmente, otros distritos de este ranking tienen problemas que se asocian a la contaminación industrial, la acumulación de residuos sólidos en vertederos informales, la contaminación por tránsito de minerales o contaminación sonora. En función a este hallazgo, resulta lógico afirmar como hipótesis que la perturbación de los ecosistemas acuáticos, lacustres o rivereños presenta en muchos casos una estrecha relación con el riesgo socioambiental en un distrito, al punto que lo pueden agravar si este se presenta de manera crítica.

Figura 9: Focos críticos de contaminación en los 25 distritos ZNRS



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones, reflexiones y retos futuros

En principio, vale destacar que 72 distritos nuevos han sido identificados con probabilidad alta de ser ZRS (considerados NZRS). Recordemos previamente que se identificaron 93 ZRS por consulta de expertos. Considerando ambas cifras, el Perú contaba con 165 ZRS en el ámbito nacional al 2019. Gracias al uso de AA se identificaron 43.6% de ZRS no identificadas hasta ese momento.

En segundo lugar, el 19.8% del territorio nacional está por encima de la media nacional de riesgo socioambiental. Un análisis territorial de los resultados evidencia que el 5.4% de la superficie nacional es una ZRS de acuerdo con una inspección preliminarmente efectuada (93 distritos), el 1.9% (72 distritos) alberga NZRS y el 12.5% corresponde a distritos en el nivel medio alto (185 distritos).

En tercer lugar, tomando en consideración las tres regiones geográficas del Perú tradicionalmente usadas en la cartografía, se observa que la mayoría de NZRS se ubican a lo largo de la franja costera.

En cuarto lugar, en promedio, los distritos ZRS poseían indicadores tanto sociales como ambientales positivos estadísticamente, a excepción del «porcentaje de elementos contaminantes identificados en el municipio» y, aunque positivo, es preocupante el nivel de vulnerabilidad de los predios ante la ausencia de un título de propiedad.

En quinto lugar, previo al estudio no se conocía el riesgo socioambiental del 88.5% del territorio nacional (1696 distritos). El índice de riesgo socioambiental reveló que el 1.9% del territorio nacional (72) tiene una probabilidad alta; 12.5% (185) una probabilidad media alta; 45.3% (644) una probabilidad media baja y 28.8% (795) una probabilidad baja de ser ZRS.

Las conclusiones previas llevan a pensar que el riesgo (social, ambiental o socioambiental) en el Perú se invisibiliza por la poca valoración del principio de supervivencia, la falta de compromiso de las élites para mitigar su impacto y la reproducción de un tipo de ciencia ajena al metabolismo de nuestros ecosistemas. No obstante, queda el reto de profundizar cualitativamente en tales factores para corroborar su confluencia.

Otro aspecto es que los resultados ambientales y sociales en distritos ZRS no son productos del azar. Por el contrario, las élites económicas crean ahí condiciones funcionales a sus intereses, aumentando el riesgo ambiental. En tal sentido, recae en los actores locales y gobernantes mitigar tal riesgo. Cabe preguntarse si la población exigirá estas medidas o si hay voluntad política para tomar acciones.

Metodológicamente, la naturaleza, el alcance y la calidad de los indicadores sociales permitió una evaluación estadística exhaustiva de los mismos, siendo contrario en el caso de los indicadores ambientales debido a falencias técnicas en los repositorios de datos oficiales consultados. Por tanto, se tomaron algunas licencias metódicas para su uso en el proceso de modelaje. Asimismo, se advierte que la calidad predictiva del índice ambiental tiene un margen de acierto por debajo de lo esperado, el cual estadísticamente no frena su uso.

Por otro lado, el hecho de que los distritos NZRS tengan indicadores sociales y ambientales parecidos a sus vecinos ZRS más cercanos da luces de lo poco amigable del patrón de desarrollo urbano frente al reto impostergable de

conservar y proteger el medioambiente, siendo sumamente alarmante su expansión y progresiva reproducción.

Muy probablemente este comportamiento se explica porque, a diferencia de sociedades anglosajonas o eurocéntricas, en los países de América Latina persiste una débil institucionalidad en materia ambiental, una cultura ambiental aún en construcción, una débil intervención del Estado, una clase política alejada de la realidad social y ambiental de sus electores, una profunda desigualdad social, entre otros.

Adicionalmente, el estudio hizo frente a varios retos que podrían ser perfectibles. Entre los más relevantes se mencionan:

- **Tiempo limitado.** Los plazos cortos para presentar este estudio hicieron que se excluyera el uso de la información del IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). En él, se puede encontrar data sobre expansión del espacio agrícola y otros indicadores relacionados. Su ausencia puede excluir algunos distritos amazónicos en la categoría alta en los diferentes índices de riesgo. Asimismo, la distancia amplia entre el censo de 2012 y el de 2019 podría distorsionar el análisis de la realidad ambiental.
- **Alcance de la data.** La mayor parte de bases de datos oficiales en materia ambiental se acopian a nivel regional o provincial. En los casos donde la información alcanza distritos, ellos no están unificados. Por tal situación, no se dispuso de información ambiental suficiente para su incorporación en los modelos usados. Esto llevó a usar data de otras fuentes cercanas.
- **Data incompleta.** Falta de información completa en muchos de los indicadores utilizados tanto en el ámbito social como ambiental. Esto dio lugar a que, en ciertas etapas de discriminación de indicadores, algunos de ellos se omitieran del modelaje a pesar de su importancia analítica y peso interpretativo.
- **Indicadores de naturaleza subjetiva.** Los indicadores ambientales fueron construidos en su totalidad. Ellos emergieron de esfuerzos por generar indicadores cuantitativos a pesar de sus orígenes cualitativos. Como resultado, el estudio tuvo que lidiar con problemas asociados al uso de indicadores con alta volatilidad y/o variabilidad.

Por último, se proponen seis líneas de investigación: (i) identificar e introducir a la modelación indicadores ambientales de mejor performance, (ii) construir

un índice de riesgo económico con indicadores previamente evaluados, (iii) profundizar cualitativamente sobre las estrategias implementadas en gerencias de desarrollo ambiental o similares para afrontar los retos socioambientales de su jurisdicción, (iv) aplicar métodos predictivos para poder avizorar la emergencia de posibles nuevas zonas de riesgo socioambiental, (v) fortalecer los postulados de la investigación a través de la implementación de métodos econométricos más complejos, (vi) implementar recursos que ofrece la inteligencia artificial para identificar nuevos patrones de crecimiento del riesgo socioambiental en distritos.

Referencias

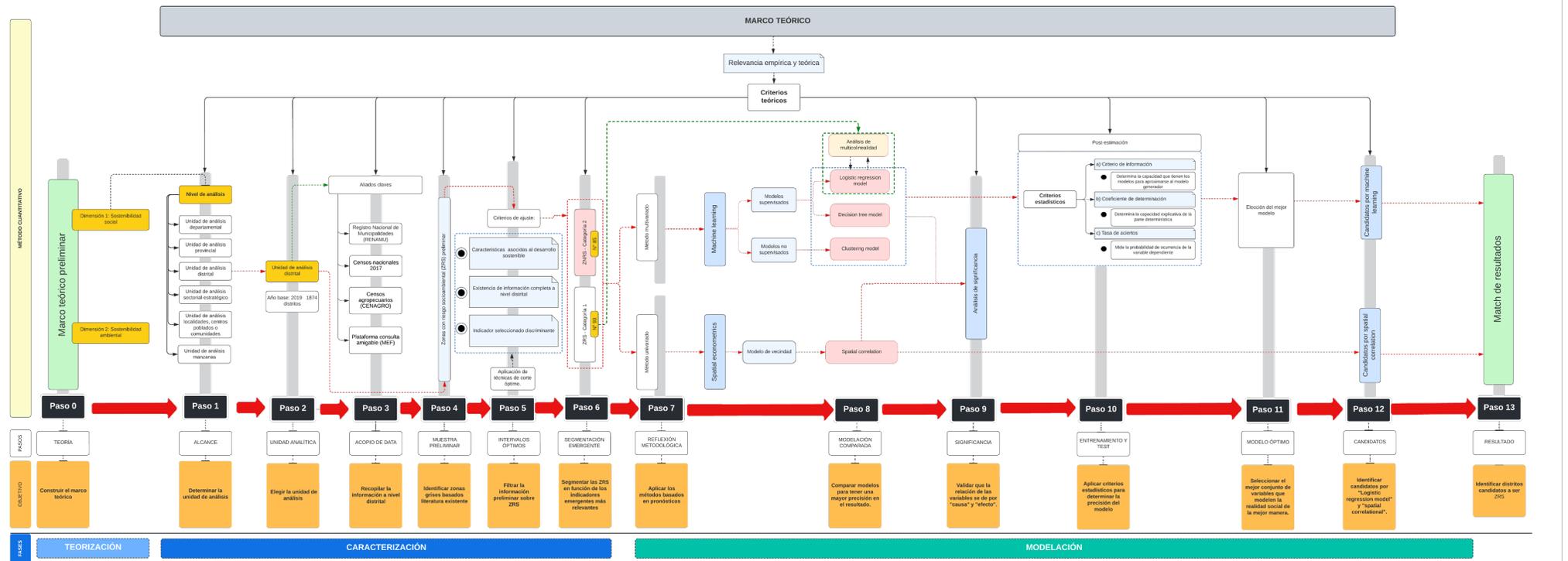
- ANDINA. (2009, junio 26). Presentarán a San Borja como distrito modelo de desarrollo ecológico. <https://andina.pe/agencia/noticia-presentaran-a-san-borja-como-distrito-modelo-desarrollo-ecologico-240058.aspx>
- ANDINA. (2019, abril 05). Machu Picchu es la primera ciudad 100% sostenible del Perú y Latinoamérica. <https://andina.pe/agencia/noticia-machu-picchu-es-primera-ciudad-100-sostenible-del-peru-y-latinoamerica-747683.aspx>
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo: Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós Básica.
- Beck, U. (2000). Retorno a la teoría de la «Sociedad del riesgo». *Boletín de la A.G.E.*, 30, pp. 9-20
- Cardona, O. (2003). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión [Artículo en Línea]. Recuperado de <http://www.desenredando.org/public/articulo>
- Cid, B. (2001). *Sociedad del riesgo y nueva ruralidad: Análisis de caso de un proceso de modernización de una empresa agroindustrial* [Tesis de Maestría en Sociología de la Modernización, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136412>
- DEVIDA. (2021). Monitoreo de superficie cultivada con arbusto de hoja de coca en producción, Perú 2020. Reporte de superficie cultivada N° 003-2021. Lima, Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas – DEVIDA
- Donet, R. (2019). *Minería y pobreza: relación entre el índice de pobreza y las transferencias por canon minero en el Perú* [Tesis de Maestría en Economía Agraria y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/27010>
- Gutiérrez, J.; Posada, M. & González, M. (2019). Prácticas de recursos humanos que impactan la estrategia de sostenibilidad ambiental. *Innovar*, 29(73), julio-septiembre, pp. 11-23. <https://doi.org/10.15446/innovar.v29n73.78008>
- Jordán, R.; Riffo, L. & Prado, A. (Coord.). (2017). *Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe: Dinámicas y desafíos para el cambio estructural*. Colección Documentos y proyectos. Cepal. <https://hdl.handle.net/11362/42141>

- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú). (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de <http://censos1.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En Fernández, M. A. (comp.). *Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (pp. 12-42). Quito: La Red, USAID.
- Maidana, A. (2021). *Análisis integral de riesgo ambiental del barrio Cantera de la ciudad de San Martín de Los Andes y la incidencia en las condiciones de vida de la población, propuestas para una gestión sustentable* [Tesis de Licenciatura en la Universidad Nacional del Comahue]. Repertorio de la Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.
- Merlinsky, G. (2006). Vulnerabilidad Social y Riesgo Ambiental: ¿Un plano invisible para las políticas públicas? *Revista Mundo Urbano*, (28). <http://www.mundourbano.unq.edu.ar/index.php/ano-2006/26-numero-28/189-1-vulnerabilidad-social-y-riesgo-ambiental-un-plano-invisible-para-las-politicas-publicas>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2016, mayo 09). 103 municipalidades de todo el Perú fueron reconocidas por el MINAM por su gestión ambiental local sostenible (GALS).
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2018, febrero 02). Ministerio del Ambiente identifica 92 distritos que requieren tomar acciones para mejorar el manejo de residuos sólidos. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/ministerio-del-ambiente-identifica-92-distritos-en-situacion-de-riesgo-por-manejo-de-residuos-solidos/>
- Olmos, X. (2017). *Sostenibilidad ambiental de las exportaciones agroalimentarias. Los casos de Chile, Colombia, el Ecuador y el Uruguay*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43288/S1700618_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ordóñez, M.; Montes, L. & Garzón, G. (2018). Importancia de la educación ambiental en la gestión del riesgo socio-natural en cinco países de América Latina y el Caribe. *Revista Electrónica Educare*, 22(1), pp.345-363. <https://dx.doi.org/10.15359/ree.22-1.17>
- Orihuela, J. (2018). *Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes*. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/residuossolidos.pdf>
- Plas.Perú. (2020, mayo 25). Lince, un lugar más ecológico. <http://expoplastperu.com/plastnews/lince-un-lugar-mas-ecologico-400/>
- Rajala, R.; Westerlund, M. & Lampikoski, T. (2016). Environmental Sustainability in Industrial Manufacturing: Re-examining the Greening of Interface's Business Model. *Journal of Cleaner Production*, 115, pp. 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.057>
- RENAMU (Registro Nacional de Municipalidades). (2019). Data completa del Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU) 2019. Recuperado de la base de datos de datosabiertos.gob.pe.
- Sánchez, R. (2016). Análisis de riesgos y salvaguardas ambientales para la actividad financiera del Banco del Sur: Estudios de caso del recurso hídrico [Tesis de Maestría en Economía Ecológicas, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador]. Repositorio institucional de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador. <http://hdl.handle.net/10469/9767>

- Sudin, S. (2011). Strategic Green hrm: A Proposed Model that Supports Corporate Environmental Citizenship. *International Conference on Sociality and Economics Development*, ipedr, 10, pp. 79-83.
<http://www.ipedr.com/vol10/16-E10014.pdf>
- Toscana, A. (2011). Actores sociales en la gestión del territorio y riesgos ambientales en la sierra norte de Puebla. *Revista Geográfica de América Central*, 2, julio-diciembre, pp. 1-17.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820712>
- Trujillo, C. (2023). *Riesgo socioambiental en el Perú: Propuesta metodológica para su identificación y categorización en el ámbito distrital* [Tesis de Maestría en Desarrollo Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Perú]. Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Católica de Perú.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195646>
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales). (1980). *World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*, Gland, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/World Wide Fund for Nature (UICN/PNUMA/WWF).
- Vallejos, A. & Garrido J. (2015). La construcción social del riesgo: lineamientos para la observación de la conflictividad socioambiental. *Andamios revista de investigación social*, 12(29), septiembre-diciembre, pp.33-48. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62845742002>
- Vega, L. (14 de agosto de 2013). Dimensión Ambiental, Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo [Conferencia]. Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013), Cancún, México.
<https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP256.pdf>

5. Anexos

Figura 1. Esquema de flujo de trabajo del método cuantitativo



Fuente: Elaboración propia.