AGENDA 2026

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA RETOMAR EL DESARROLLO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN | UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO







Hacia una Gestión del Riesgo Focalizada: una aplicación de la inteligencia artificial

Alvaro Talavera y Elsa Galarza

Hacia una Gestión del Riesgo Focalizada: una aplicación de la inteligencia artificial

Alvaro Talavera y Elsa Galarza

Introducción

El Perú enfrenta de manera recurrente los efectos de las heladas en la sierra. Este fenómeno climático extremo genera impactos significativos en la salud, los medios de vida y las condiciones habitacionales de las poblaciones más vulnerables (CENEPRED, 2017). Las heladas, frecuentes en las zonas altoandinas con temperaturas por debajo de los 0 °C, incrementan la incidencia de enfermedades respiratorias agudas, elevan la mortalidad infantil y ocasionan severas pérdidas en la actividad agrícola y en la ganadería.

La respuesta estatal frente a estas contingencias ha estado históricamente centrada en acciones reactivas, como la atención de emergencias propiamente dicha, o la entrega de frazadas, kits de abrigo o campañas de salud temporales. Sin embargo, la ausencia de un sistema predictivo integral ha limitado la capacidad de implementar políticas preventivas y focalizadas CEPLAN (2023). Actualmente, la información sobre salud, tipo de vivienda, variables socioeconómicas y condiciones climáticas se encuentra fragmentada, lo que dificulta establecer prioridades y asignar recursos con eficiencia.

En este contexto, el presente documento aporta una metodología integral basada en inteligencia artificial para superar esas limitaciones. La propuesta implica la creación de un Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV) que consolide los datos relevantes de manera integral, y permita identificar, clasificar y priorizar territorios a nivel de distritos, que tengan similares condiciones de riesgo frente a heladas.

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED, es el organismo público responsable de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo, así como de reconstrucción. CENEPRED también conforma el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd).

Propuesta de Política

Las heladas representan uno de los riesgos climáticos más persistentes y dañinos para las poblaciones altoandinas del Perú, afectando la salud, los medios de vida y la seguridad alimentaria. A pesar de su recurrencia, la respuesta estatal continúa concentrada en acciones reactivas, como la entrega de abrigo o la atención de emergencias, lo que limita la capacidad para reducir la vulnerabilidad de manera sostenible. La propuesta presentada plantea la creación e implementación de un Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV), basado en técnicas de inteligencia artificial y análisis de datos, que integra información climática, de salud, vivienda y condiciones socioeconómicas a nivel distrital. Este indicador permite clasificar y priorizar territorios según su nivel real de exposición y fragilidad frente a heladas, facilitando una asignación de recursos más eficiente y orientada a la prevención. La institucionalización del IUV bajo la coordinación de la Presidencia del Consejo de Ministros y CENEPRED permitirá articular acciones multisectoriales y fortalecer la planificación territorial. Con ello, se busca cambiar el enfoque de respuesta por uno preventivo, reduciendo las pérdidas humanas y económicas, y promoviendo una gestión pública basada en evidencia, con impacto directo en las poblaciones más vulnerables.

Una de las actividades que realiza el CENEPRED es proporcionar los escenarios de riesgo multisectoriales y las bases técnicas que sustentan la planificación estatal. Su aporte es fundamental porque establece los parámetros de exposición y vulnerabilidad en sectores críticos como salud, vivienda, educación y agricultura, sobre los cuales este documento propone añadir una capa de valor mediante modelos dinámicos de inteligencia artificial. En resumen, la propuesta no reemplaza, sino que fortalece y complementa el trabajo de CENEPRED, transformando la información en una herramienta predictiva y focalizada para orientar políticas públicas más efectivas.

1. Las Heladas en el Perú

Las heladas constituyen fenómenos climáticos extremos recurrentes caracterizados por descensos abruptos y sostenidos de la temperatura que afectan principalmente a las zonas altoandinas. El SENAMHI define una helada como la ocurrencia de temperaturas mínimas por debajo de 0 °C, con mayor frecuencia durante la estación seca (junio–agosto). En la sierra sur, departamentos como Puno, Arequipa y Cusco registran entre 20 y 31 días de helada en julio, mientras que en la sierra central destacan Junín, Pasco, Huancavelica y Ayacucho. En altitudes mayores a 3,500 m s. n. m., el percentil 1 de temperatura mínima puede descender hasta por debajo de −8 °C en la sierra sur (SENAMHI, 2010; CENEPRED, 2017). El Atlas de Heladas del Perú confirma que estos eventos afectan gravemente a las actividades económicas como la agricultura y la ganadería.

El impacto de las heladas trasciende lo climático y repercute en la salud, la seguridad alimentaria, la infraestructura y la economía rural. Según estimaciones del CENEPRED (2017), más de siete millones de personas se encuentran en situación de vulnerabilidad frente a heladas, con 1,371 distritos clasificados como susceptibles. Los grupos más afectados son los niños menores de cinco años y los adultos mayores, quienes presentan mayor susceptibilidad fisiológica al frío. Datos del MINSA/CDC muestran que, durante las semanas epidemiológicas críticas (semana 16 a 39), las tasas de neumonía en menores de cinco años casi se duplican, superando en distritos expuestos la media nacional.

El análisis de escenarios elaborado por CENEPRED (2025–2027) evidencia la magnitud de la población en riesgo: se identifican 296 distritos con riesgo muy alto frente a heladas, donde residen alrededor de 1,9 millones de personas y casi un millón de viviendas; en nivel de riesgo alto se suman 518 distritos con más de 3,5 millones de personas. En el ámbito agrícola, 328 distritos presentan riesgo muy alto, afectando a más de 450 mil productores y a 1,6 millones de hectáreas de superficie agrícola, mayoritariamente de secano (CENEPRED, 2024).

Los efectos también son críticos en la ganadería altoandina, especialmente en alpacas y ovinos, que sufren pérdidas recurrentes durante inviernos con mayor frecuencia o duración de heladas (SENAMHI, 2010). En salud, los indicadores del Índice de Daños a la Salud (IDS) de CENEPRED muestran que la mortalidad y morbilidad en menores de cinco años aumentan significativamente en las zonas expuestas. Finalmente, las estadísticas históricas del INDECI (2003–2022) registran 14,114 emergencias vinculadas a fenómenos naturales, dentro de las cuales las heladas destacan como uno de los peligros estacionales más recurrentes en la sierra del Perú (Defensoría del Pueblo, 2022).

En este escenario, el problema público central es la limitada capacidad de prevención, derivada de una serie de factores, entre ellos, la falta de un indicador unificado de vulnerabilidad que permita priorizar territorios, coordinar sectores y asignar recursos de manera eficiente.

2. Acción pública contra las Heladas

La gestión del riesgo frente a heladas y friajes en el Perú se articula dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), que define funciones claras para los distintos niveles de gobierno y organismos especializados. El CENEPRED lidera la estimación y prevención del riesgo, desarrollando escenarios de vulnerabilidad y proporcionando lineamientos técnicos (CENEPRED, 2017). El SENAMHI aporta información climática, monitoreo y pronósticos de heladas, fundamentales para la planificación preventiva (SENAMHI, 2010). A nivel sectorial, los ministerios de Salud, Vivienda, Educación, Agricultura y el MIDIS implementan medidas específicas en sus ámbitos de competencia, mientras que los gobiernos regionales y locales tienen la responsabilidad de adaptar y ejecutar estas acciones en el territorio (INDECI, 2022).

La vulnerabilidad no depende únicamente de las condiciones climáticas, sino también de factores estructurales y sociales. El CENEPRED ha identificado como elementos críticos: las viviendas precarias construidas con materiales con poco efecto aislante (calamina, adobe sin revestimiento, pisos de tierra); los altos índices de pobreza monetaria y necesidades básicas insatisfechas (NBI); la desnutrición crónica infantil y el analfabetismo, que agravan la vulnerabilidad social; y la limitada infraestructura de salud y centros educativos sin condiciones térmicas adecuadas, que reducen la capacidad de resiliencia comunitaria (CENEPRED, 2017).

En general, las acciones frente al riesgo de heladas pueden clasificarse en preventivas, de respuesta y de recuperación. Entre las preventivas destacan la implementación de sistemas de alerta temprana, el uso de tecnologías y prácticas agrícolas resistentes al frío, y la diversificación productiva, y en general, toda accion que reduzca la vulnerabilidad. En la etapa de respuesta, se incluyen medidas de emergencia como la distribución de forraje, abrigo para el ganado y apoyo alimentario y de salud a las familias afectadas. Finalmente, las acciones de recuperación buscan fortalecer la resiliencia a largo plazo mediante programas diversos como de vacunación, acceso a seguros agropecuarios y políticas públicas orientadas a reducir la exposición y la vulnerabilidad frente a futuros eventos de heladas.

A continuación se presenta un cuadro con las responsabilidades de los actores frente a heladas.

Tabla 1. Responsabilidades de los actores frente a heladas y friajes

Actor	Responsabilidades principales
CENEPRED	Estimación y prevención del riesgo; elaboración de escenarios de riesgo; lineamientos técnicos para gobiernos regionales y locales.
SENAMHI	Monitoreo y pronóstico climático; publicación de mapas y atlas de heladas; alerta temprana.
INDECI	Coordinación de la respuesta inmediata y atención de emergencias; apoyo post-desastre.
MINSA	Campañas de salud preventiva, vacunación y atención de enfermedades respiratorias durante la temporada crítica.
MVCS	Implementación de programas de vivienda rural con techos térmicos y aislantes.
MINEDU	Mejora de infraestructura educativa con condiciones térmicas adecuadas; campañas de sensibilización en zonas altoandinas.
MIDAGRI	Protección de cultivos y ganadería altoandina; asistencia técnica a productores en zonas de riesgo.
Gobiernos regionales y locales	Adaptación de lineamientos nacionales a la realidad territorial; ejecución de intervenciones directas en comunidades.

Elaboración: Propia

Como se observa, son varios sectores los que deben intervenir en las acciones de prevención. El contar con un único indicador de vulnerabilidad que priorice las actividades bajo su competencia podría faciitar la acción concreta y oportuna que disminuya los riesgos a los que se enfrenta la población.

3. Indicador Único de vulnerabilidad para la prevención

Una de las razones que explican la poca capacidad de prevención frente a las heladas en el país, es la falta de datos que permitan tomar acciones preventivas focalizadas. Si bien existen mapas de susceptibilidad y riesgo elaborados por CENEPRED, la metodología propuesta con el uso de la inteligencia artificial, permite obtener información más precisa a nivel de distrito.

En este sentido, la construcción del Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV) es una herramienta que integra, en una sola medida, información climática, sanitaria, socioeconómica y de vivienda. Su valor radica en que permite transformar grandes volúmenes de datos dispersos en un insumo sencillo, comparable y útil para orientar políticas preventivas frente a las heladas.

En este contexto, las técnicas de inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje de máquina (Russell & Norvig, 2016) ofrecen un potencial significativo para mejorar la gestión del riesgo, dado que permiten integrar grandes volúmenes de datos climáticos, socioeconómicos y territoriales, identificar patrones de vulnerabilidad mediante métodos de segmentación automática (como los mapas auto-organizados - SOM), y a través de sistemas de inferencia difusa, fusionar múltiples variables en un único indicador multinivel (Russell & Norvig, 2016) (Saaty, 2008). Esto no solo aumenta la precisión en la identificación de zonas críticas, sino que también facilita la generación de escenarios de riesgo dinámicos y la planificación preventiva en tiempo real.

3.1 Metodología del IUV

Para enfrentar los impactos de heladas en el Perú, se implementó una metodología integral basada en la IA y aprendizaje automático que permitió construir el Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV). Este indicador integra información climática, sanitaria, socioeconómica y de vivienda —proveniente de CENEPRED, SENAMHI, INEI y MINSA— y la transforma en un insumo útil para la toma de decisiones en políticas públicas.

La metodología se desarrolló en dos fases complementarias:

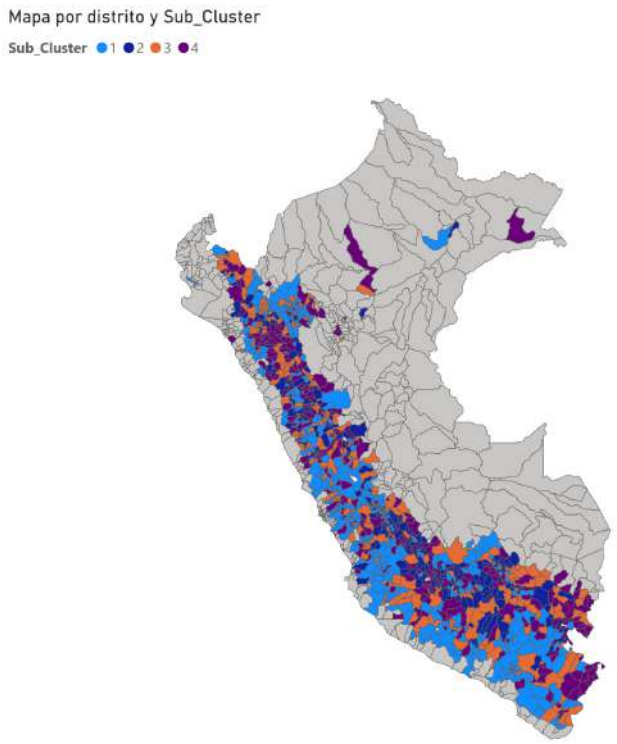
Fase 1: Segmentación inteligente de distritos

En esta primera fase se diseñó un algoritmo de *machine learning* que agrupó automáticamente a 1,381 distritos del país según patrones comunes de vulnerabilidad. Entre las 20 variables consideradas se encuentran: la incidencia de infecciones respiratorias agudas, la mortalidad por neumonía, la calidad de la vivienda, y los indicadores socioeconómicos (pobreza, desnutrición infantil, analfabetismo, entre otros) (Ver anexo 1).

Como resultado, se obtuvo un mapa de clústeres que agrupa distritos del país con características socioeconómicas, sanitarias y climáticas similares. Por ejemplo, los distritos identificados en color celeste (ver Figura 1) pertenecen a distintas regiones del territorio nacional, pero comparten características socioeconómicas, sanitarias y climáticas similares. Esta clasificación permite dividir el país en cuatro subgrupos (*sub clusters*) o regiones de vulnerabilidad, cada uno con patrones diferenciados de exposición y capacidad de respuesta frente a las heladas.

Así, por ejemplo, el algoritmo identificó que el sub clúster 1 (color celeste) está conformado por 513 distritos que presentan un alto índice de infecciones respiratorias agudas (IRAs) en niños menores de cinco años, lo que refleja una mayor fragilidad en materia de salud pública. Los demás grupos muestran combinaciones distintas de factores de riesgo, como mayores tasas de letalidad por neumonía, deficiencias en la infraestructura de vivienda o niveles elevados de pobreza. En conjunto, estos resultados evidencian que la inteligencia artificial permite agrupar distritos con perfiles de vulnerabilidad semejantes, revelando patrones que no serían fácilmente detectables mediante métodos convencionales.

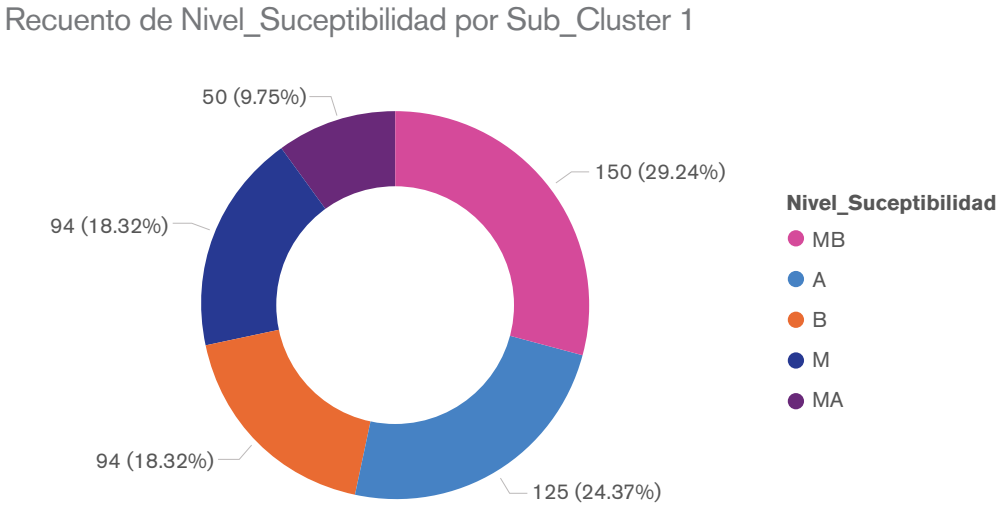
Figura 1: Mapa de distritos según cluster



Desde una perspectiva de política pública, esta segmentación constituye un instrumento estratégico de focalización territorial, al permitir identificar zonas con "sintomatologías" semejantes —como altos índices de enfermedades respiratorias agudas o personas con necesidades básicas insatisfechas— y priorizar acciones de prevención adaptadas a cada contexto. En lugar de aplicar intervenciones homogéneas, el Estado puede orientar recursos y programas específicos según las características de cada grupo distrital, promoviendo así una gestión del riesgo más eficiente, equitativa y basada en evidencia, que fortalece la resiliencia territorial frente al cambio climático.

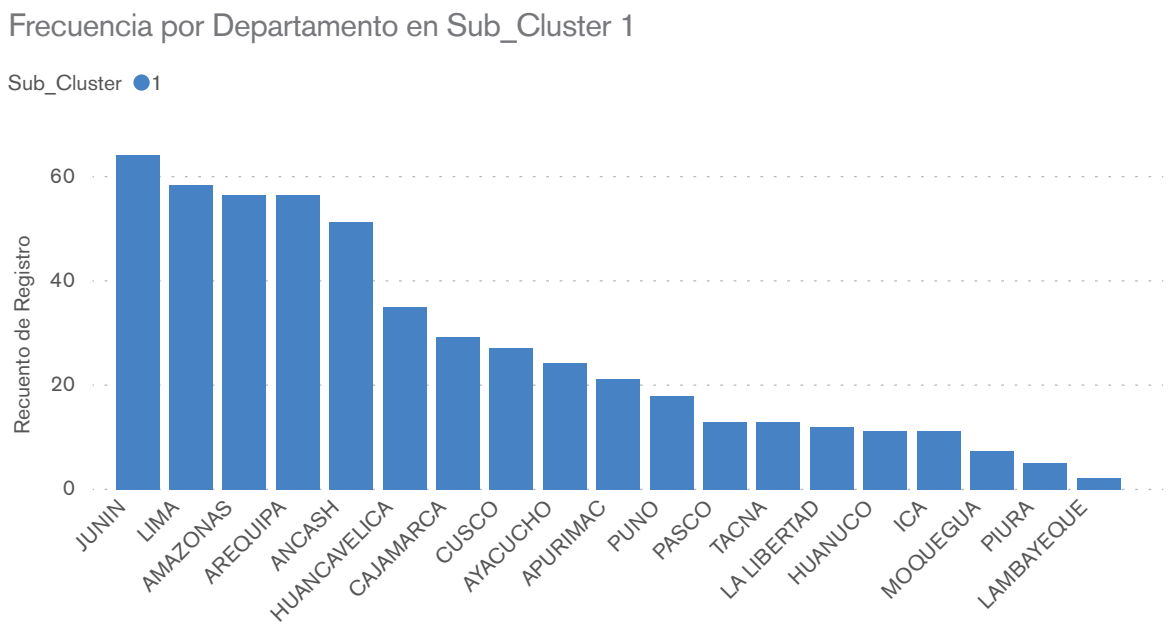
El gráfico 1, muestra la distribución del nivel de susceptibilidad frente a heladas en los distritos que conforman el Sub clúster 1, identificado mediante el modelo de inteligencia artificial. Se observa que el 29.24 % de los distritos presenta una susceptibilidad muy baja (MB), mientras que el 24.37 % muestra un nivel alto (A). Los niveles bajo (B) y medio (M) concentran cada uno el 18.32 %, y un 9.75 % de los distritos alcanza una susceptibilidad muy alta (MA).

Gráfico 1. Distribución del nivel de susceptibilidad a heladas en el Sub clúster 1



Esta distribución evidencia una heterogeneidad territorial en la exposición al riesgo, donde coexisten zonas de baja susceptibilidad con otras de alta vulnerabilidad. Estos resultados permiten priorizar la acción preventiva en los distritos con niveles "alto" y "muy alto", orientando recursos y medidas de protección hacia las poblaciones con mayor riesgo frente a las heladas.

Gráfico 2. Frecuencia de distritos por departamento en el Sub clúster 1 (susceptibilidad ante heladas)



El gráfico 2 presenta la distribución de distritos según departamento dentro del Sub clúster 1, caracterizado por niveles variables de susceptibilidad a heladas. Se observa que los departamentos de Junín, Lima, Amazonas, Arequipa y Huancavelica concentran la mayor cantidad de distritos vulnerables, superando los 45 registros cada uno. En contraste, regiones como Moquegua, Piura e Ica muestran una menor frecuencia de casos

Fase 2. Construcción del IUV con un sistema de inferencia difusa

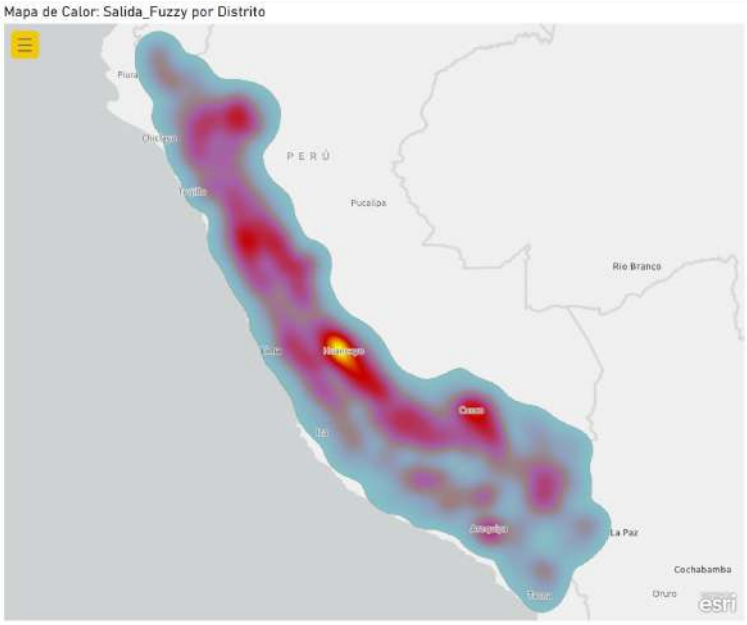
En la segunda etapa se empleó un sistema de inferencia difusa, una técnica de inteligencia artificial que permite combinar múltiples fuentes de información bajo reglas lógicas flexibles (similares a las de un ser humano). De esta manera, se generó un índice único y continuo de vulnerabilidad, aplicable a cada distrito del país, con el propósito de identificar y comparar de forma más precisa los niveles de exposición frente a las heladas.

A diferencia de los indicadores tradicionales, frecuentemente estáticos o sectoriales, el modelo difuso combina de manera no lineal y adaptable distintas variables críticas relacionadas con la vulnerabilidad. Entre ellas destacan la susceptibilidad climática de cada distrito, la letalidad por neumonía en niños menores de cinco años y la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRAs) en la misma población infantil. La fusión de estos factores en un solo valor continuo permite representar de manera más realista la complejidad territorial del riesgo y su interacción con las condiciones sociales y sanitarias.

El resultado de este proceso se muestra en el mapa de calor de la Figura 2, donde se visualizan los distritos con mayor nivel de vulnerabilidad frente a las heladas, calculado mediante el Índice Único de Vulnerabilidad (IUV). Las zonas en color rojo representan distritos con mayor riesgo, mientras que las áreas en tonos azules reflejan niveles más bajos de vulnerabilidad.

Se observa una alta concentración de distritos vulnerables en la sierra central y sur, particularmente en los departamentos de Junín, Ayacucho, Cusco y Puno, aunque también se identifican focos significativos de riesgo en el norte del país, que tradicionalmente no habían sido priorizados en los mapas estáticos de riesgo. Esta información constituye una herramienta estratégica para la planificación preventiva, al permitir orientar recursos y políticas de adaptación climática hacia las zonas con mayor exposición y menor capacidad de respuesta.

Figura 2. Mapa de calor del Índice Único de Vulnerabilidad (IUV) frente a heladas en el Perú



3.2 Análisis de resultados

A manera de ejemplo de los resultados que puede ofrecer la metodología propuesta, se ha analizado el Sub clúster 1, conformado por 513 distritos que agrupan los clusters 1, 2, 3, 6 y 7, distribuidos en diversas regiones del país. Este conjunto representa una proporción considerable del territorio nacional expuesto a heladas, caracterizado por condiciones comunes de vulnerabilidad climática, sanitaria y socioeconómica.

En este grupo, la media del valor de susceptibilidad frente a heladas es de 0.16, con una mediana de 0.15 y una desviación estándar de 0.14, lo que refleja una variabilidad moderada entre distritos. Estos valores indican que, si bien existe una base amplia de distritos con niveles medios de susceptibilidad, también se observan casos extremos (outliers) que elevan el promedio general, asociados a contextos de exposición más severa.

Por su parte, la tasa de infecciones respiratorias agudas (IRAs) alcanza un promedio de 136.6 casos por cada 100 mil habitantes, con una desviación estándar de 120.3 y valores extremos que superan los 2,300 casos en algunos distritos. Este indicador, que afecta principalmente a niños menores de cinco años, se consolida como una de las variables más críticas del análisis, al estar directamente asociada con la fragilidad sanitaria y la mortalidad infantil durante las temporadas de heladas.

A partir de los resultados del Índice Único de Vulnerabilidad (IUV), es posible identificar de manera objetiva los 10 distritos con mayor nivel de vulnerabilidad frente a las heladas a nivel nacional. Estos territorios concentran los valores más altos en las variables asociadas a salud infantil, como la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRAs) y la letalidad por neumonía en niños menores de cinco años, así como en condiciones socioeconómicas y de vivienda precarias.

Tabla 2. Distritos con mayor Índice Único de Vulnerabilidad

IUV	Departamento	Provincia	Distrito	Región
67	Lima	Huarochiri	Huarochiri	Sierra
59	Cusco	Quispicanchi	Urcos	Sierra
56	Lima	Yauyos	Huañec	Sierra
48	Pasco	Pasco	Chaupimarca	Sierra
46	Tacna	Tacna	Calana	Sierra
45	Ancash	Carhuaz	Ataquero	Sierra
45	Ancash	Corongo	Cusca	Sierra
45	Ancash	Huari	Huari	Sierra
45	Ayacucho	Lucanas	Laramate	Sierra
45	Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	Sierra

Destaca el hecho de que dos distritos de la región Lima se ubican entre los diez más vulnerables, lo que evidencia que el riesgo por heladas no se limita únicamente al sur andino, sino que también afecta zonas del centro del país. Asimismo, tres distritos de la región Áncash presentan niveles críticos de exposición y fragilidad sanitaria, lo que refuerza la necesidad de focalizar las intervenciones públicas más allá de las áreas tradicionalmente priorizadas.

Desde una perspectiva de política pública, este análisis demuestra que la susceptibilidad climática alta, combinada con un elevado índice de IRAs, configura un patrón territorial de riesgo que requiere una respuesta intersectorial. El uso del Índice Único de Vulnerabilidad (IUV) basado en inteligencia artificial permite identificar con precisión estos territorios críticos, contribuyendo a dirigir recursos y acciones preventivas con criterios de equidad, eficiencia y evidencia científica.

Como se puede observar, el Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV) ofrece una visión integral y comparativa al reunir en un solo valor factores climáticos, de salud, vivienda y pobreza, lo que facilita la evaluación y comparación entre distritos. Este enfoque permitiría orientar la focalización de recursos hacia las poblaciones más vulnerables con criterios objetivos, reduciendo la posibilidad de decisiones discrecionales o influenciadas por coyunturas políticas. Además, esta herramienta no solo facilita la asignación eficiente de recursos, sino que también otorga a los tomadores de decisiones una base científica para planificar políticas públicas preventivas y focalizadas, dirigidas a reducir la morbilidad y mortalidad en las poblaciones más expuestas.

El IUV fortalece la eficiencia de la prevención al facilitar el cambio de un enfoque reactivo, basado en la atención de emergencias, hacia uno preventivo, donde las intervenciones se planifican antes de que ocurran los impactos. Su carácter dinámico y actualizable, sustentado en algoritmos de inteligencia artificial, asegura que pueda incorporar nuevos datos en tiempo real. Asimismo, al integrar información de sectores como salud, educación, vivienda y agricultura, promueve la coordinación multisectorial y el trabajo conjunto de ministerios y gobiernos regionales bajo un mismo referente técnico.

4. Siguientes pasos: transferencia de la metodología al sector público

La consolidación del Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV) como herramienta de política pública requiere avanzar en su institucionalización bajo la rectoría de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), en coordinación con el CENEPRED como ente rector de la gestión del riesgo de desastres. El soporte técnico estaría a cargo del SENAMHI (para variables climáticas) y del INEI (para información estadística), garantizando la validez y actualización permanente de los datos.

Para asegurar la implementación efectiva de la propuesta, es fundamental establecer un marco interinstitucional sólido que formalice la colaboración entre CENEPRED, SENAMHI, MINSA, MIDAGRI, MINEDU e INEI. Esta colaboración debe garantizar el intercambio continuo de datos, metodologías y actualizaciones, permitiendo la interoperabilidad del sistema y evitando duplicidad de esfuerzos. Asimismo, se recomienda que el Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV) sea incorporado como herramienta oficial en el Plan Multisectorial ante Heladas, de modo que sirva como base para la planificación anual y la asignación de recursos.

Para garantizar que los beneficios del sistema propuesto lleguen a nivel territorial, es necesario implementar programas de capacitación y transferencia tecnológica dirigidos a técnicos y especialistas regionales, fortaleciendo sus capacidades en el uso de herramientas de inteligencia artificial, análisis de riesgo y mapas georreferenciados. Esto requiere programas continuos de capacitación en inteligencia artificial, análisis de datos y sistemas de información geográfica (SIG), dirigidos tanto a funcionarios del nivel central como a técnicos de gobiernos regionales y locales. Finalmente, se debe promover la participación de las comunidades y actores locales en el diseño y validación de las estrategias preventivas, integrando sus conocimientos y experiencias para reforzar la pertinencia cultural y territorial de las acciones.

La creación de una plataforma digital pública será clave para democratizar el acceso a la información. Este portal interactivo permitirá visualizar mapas de vulnerabilidad, generar reportes por distrito y ofrecer insumos en tiempo real para la toma de decisiones. Finalmente, se debe establecer un mecanismo de evaluación y mejora continua del modelo, que incluya la actualización anual de datos y la incorporación de retroalimentación de usuarios, asegurando que la herramienta se mantenga vigente y útil en un contexto de cambio climático dinámico.

La propuesta requiere asegurar ciertas condiciones habilitantes que permitan su viabilidad y sostenibilidad en el tiempo. En primer lugar, es esencial establecer mecanismos de interoperabilidad de datos entre las distintas entidades responsables de la gestión del riesgo de desastres y del monitoreo climático. Asimismo, se necesita un marco normativo de respaldo que reconozca oficialmente al Indicador Único de Vulnerabilidad (IUV) como insumo técnico válido para la priorización de intervenciones, garantizando su uso en la planificación y la asignación de recursos en todos los niveles de gobierno.

Un elemento clave para su aceptación es su bajo costo de escalabilidad. Una vez desarrollado, el sistema podrá adaptarse a otros riesgos climáticos y territorios sin requerir inversiones significativas adicionales, lo que lo convierte en una inversión estratégica para la gestión pública. La propuesta también fomenta la participación y la transparencia, al poner los resultados y mapas a disposición del público, generando confianza ciudadana y fortaleciendo la rendición de cuentas. Estos factores combinados ofrecen a los tomadores de decisiones una herramienta robusta, alineada con las prioridades nacionales.

El éxito de la propuesta dependerá en gran medida de su alineación con las prioridades nacionales. La iniciativa responde directamente a los compromisos asumidos por el Perú en el marco del ODS 13: Acción por el clima, y se articula con las estrategias de adaptación al cambio climático promovidas por el Ministerio del Ambiente, lo que aumenta su pertinencia política. El valor público de la herramienta

es evidente: permitirá focalizar de forma precisa las intervenciones en las poblaciones más vulnerables, optimizando el impacto social y económico de las políticas públicas, y contribuyendo a una gestión más equitativa de los recursos.

La coordinación multisectorial entre PCM, MINSA, MIDIS, MINAM, MVCS, INEI y SENAMHI permitiría utilizar la metodología propuesta con diversos indicadores de interés, de modo que cada sector utilice el IUV como referente común para priorizar territorios y planificar intervenciones. Entre las principales acciones sectoriales que podrían implementarse destacan:

- Vivienda rural: ampliación de programas de techos térmicos, aislantes y sistemas de calefacción pasiva en los distritos con mayor vulnerabilidad identificados por el IUV.
- Salud preventiva: ejecución de campañas de vacunación contra influenza y neumonía, distribución de kits médicos y despliegue de brigadas itinerantes en territorios críticos.
- Protección económica y social: implementación de transferencias temporales, seguros de emergencia y programas de apoyo productivo para hogares clasificados como de alta vulnerabilidad.

La institucionalización del IUV permitirá transformar la gestión del riesgo en una política pública basada en evidencia, orientada a proteger a las poblaciones más vulnerables y a garantizar una adaptación efectiva y sostenible frente al cambio climático.

5. Referencias

CENEPRED. (2024). Escenarios de riesgo por heladas y friajes en el marco del Plan Multisectorial 2025–2027. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. https://www.gob.pe/cenepred.

CENEPRED. (2017). Escenarios de riesgo en el marco del Plan Multisectorial ante heladas y friaje 2017. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. https://www.gob.pe/cenepred.

CEPLAN. (2023). Riesgos y oportunidades globales y nacionales para el Perú 2025 – 2035. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.

CIES. (2021). Agenda de investigación 2021 – 2026. Consorcio de Investigación Económica y Social.

Defensoría del Pueblo. (2022). Informe anual de emergencias por fenómenos naturales 2003–2022. Defensoría del Pueblo.

Lewis, J. I., Toney, A., & Shi, X. (2024). Climate change and artificial intelligence: Assessing the global research landscape. Discover Artificial Intelligence, 4(64). https://doi.org/10.1007/s44163-024-00170-z

INDECI. (2022). Reporte de emergencias por fenómenos naturales 2003–2022. Instituto Nacional de Defensa Civil. https://www.gob.pe/indeci

Mazumdar, J., & Paul, S. K. (2016). Socioeconomic and infrastructural vulnerability indices for cyclones in the eastern coastal states of India. Natural Hazards, 82(2), 1621–1643. https://doi.org/10.1007/s11069-016-2261-9

MINSA/CDC. (2024). Boletín epidemiológico nacional: temporada de bajas temperaturas. Ministerio de Salud – Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. https://www.gob.pe/minsa

ONU. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Naciones Unidas. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

PCM. (2025). Plan Multisectorial ante Heladas y Friajes 2025–2027. Presidencia del Consejo de Ministros. https://www.gob.pe/pcm

Russell, S., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: A modern approach (3rd ed.). Pearson.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83–98.

SENAMHI. (2010). Atlas de heladas en el Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y FAO.

SENAMHI. (2024). Preguntas frecuentes sobre heladas y friajes. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-friajes-preguntas

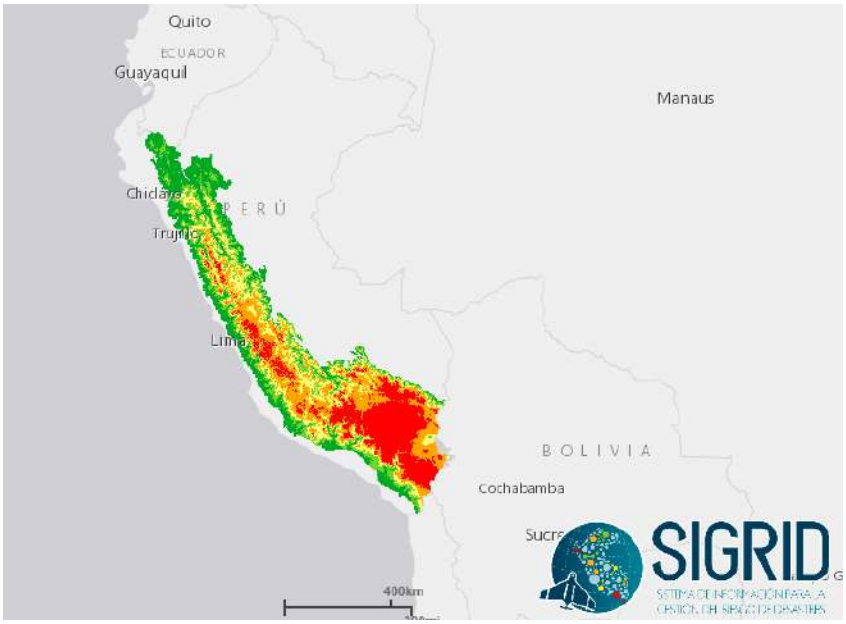
6. Anexos

Anexo 1: Base de datos referencial

La siguiente tabla describe las variables empleadas en el modelo a nivel distrital, incluyendo indicadores climáticos, sociales, de vivienda y de salud. Se mantiene la codificación original de los campos y se especifica el significado de cada uno para facilitar la lectura, la replicabilidad del análisis y las auditorías posteriores.

Nombre del campo	Descripción
nombdep	Nombre del departamento
nombprov	Nombre de la provincia
nombdist	Nombre del distrito
ubig_dist	Ubigeo del distrito
region	Región (sierra / selva)
peligro	Tipo de peligro (heladas / friaje)
N_Suscep	Nivel de **susceptibilidad** al peligro
V_Suscep	Valor de susceptibilidad al peligro
TLet5	Tasa **de letalidad por neumonía**, en menores de 5 años, durante SE 16 a 39
TIAN5	Tasa de **incidencia acumulada de neumonías en menores de 5 años**, durante SE 16 a 39
TMortal5	Tasa de **mortalidad por neumonías**, en menores de 5 años, durante SE 16 a 39
TIRA5	Tasa de **infecciones respiratorias agudas**, en menores de 5 años, durante SE 16 a 39
IDS 5	Índice de Daños a la Salud
eess_tot	Total de establecimientos de salud en el distrito
categ_eess	Capacidad resolutiva del establecimiento de salud en el distrito
eval_DCI	Personas evaluadas por desnutrición crónica en menores de 5 años
casos_DCI	Población menores de 5 años con desnutrición crónica en
PDCI	Porcentaje de **desnutrición** crónica en menores de 5 años
TAnalf	Tasa de **analfabetismo**
PINBI	Porcentaje de población con **1 NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)**

Anexo 2: Mapa de evaluación del riesgo a heladas



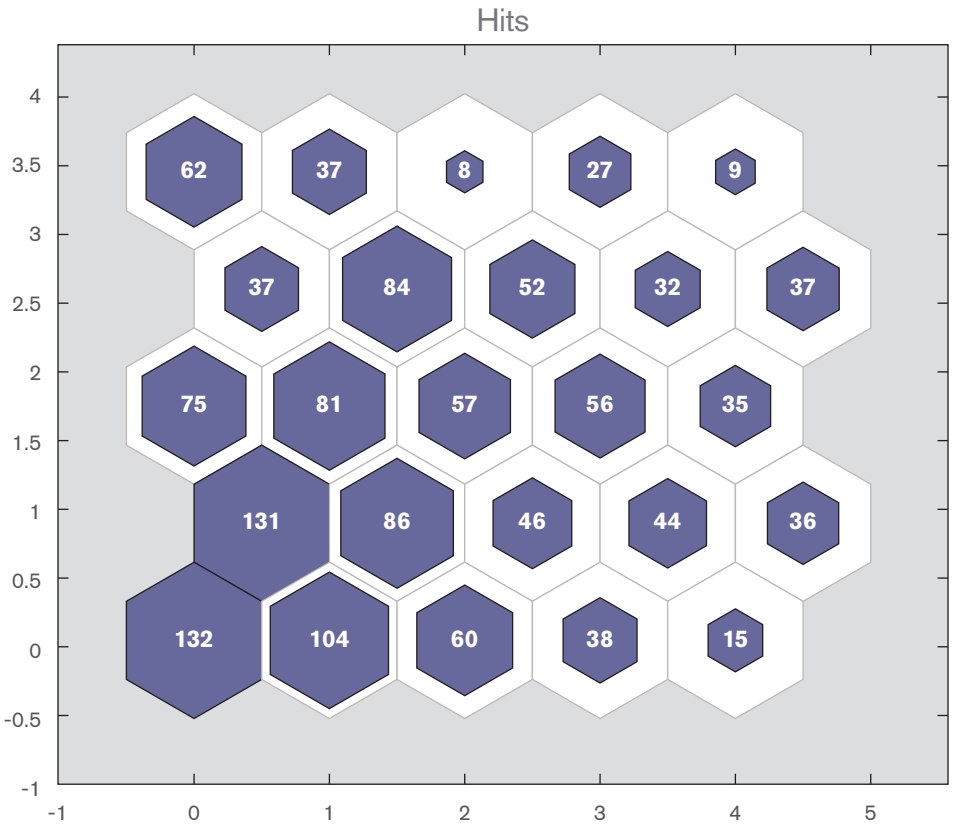
Anexo 3: Agrupación con clustering - SOM

El mapa de clústeres mostrado en la Figura 3 representa la distribución del número de distritos agrupados según sus características socioeconómicas, sanitarias y climáticas. Cada hexágono refleja la densidad de distritos asignados a un clúster, permitiendo visualizar la estructura general del modelo. En total, se identificaron 25 clústeres, los cuales fueron posteriormente integrados en cuatro sub clústeres que agrupan distritos con patrones de vulnerabilidad similares frente a las heladas.

Como ejemplo, el Sub clúster 1 agrupa los clústeres 1, 2, 3, 6 y 7, conformando un total de 513 distritos. En detalle, este subgrupo incluye 132 distritos del clúster 1, 104 distritos del clúster 2, 60 distritos del clúster 3, 131 distritos del clúster 6 y 86 distritos del clúster 7. Esta configuración refleja una alta concentración de territorios con condiciones de vulnerabilidad semejantes, especialmente en aspectos vinculados a la salud infantil, la infraestructura de vivienda y la exposición climática.

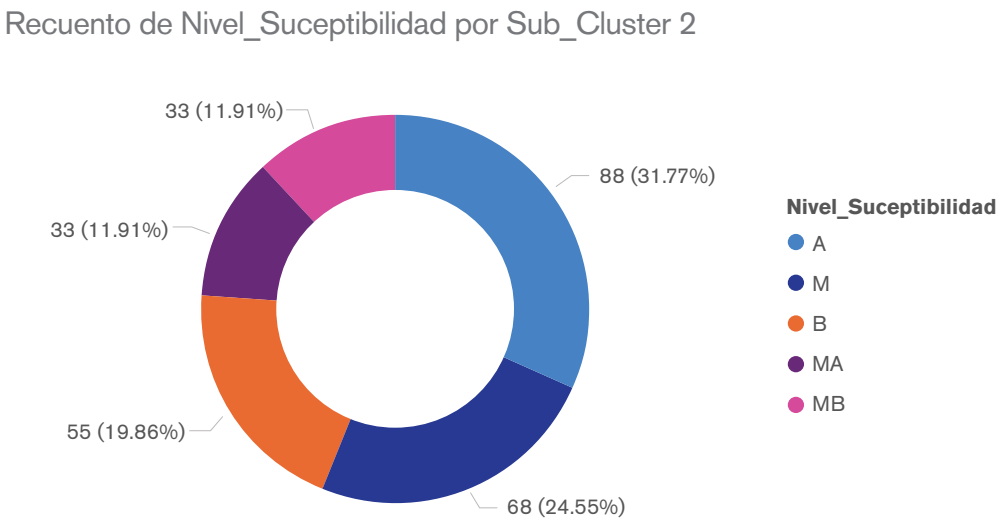
Desde la perspectiva de política pública, este tipo de análisis mediante mapas autoorganizados (Self-Organizing Maps, SOM) constituye una herramienta de segmentación territorial inteligente, que permite identificar grupos de distritos con características comparables. Gracias a ello, el Estado puede planificar intervenciones diferenciadas y focalizadas, optimizando recursos y fortaleciendo la capacidad de respuesta frente a los efectos de las heladas.

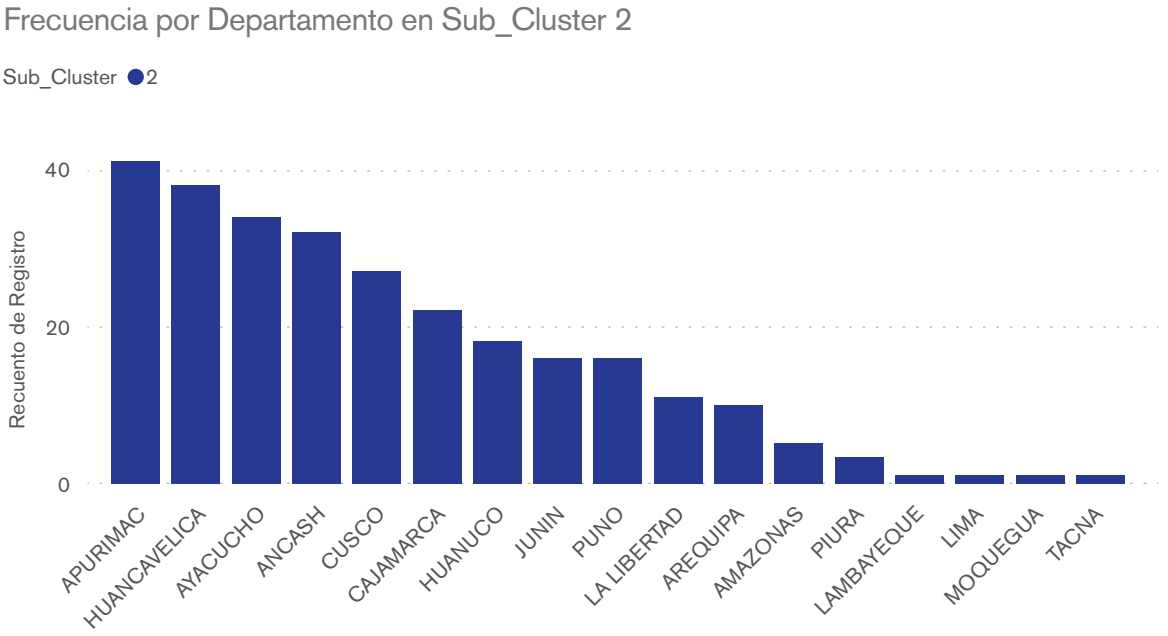
Figura 3. Distribución de los clústeres distritales ante heladas generados mediante el modelo autoorganizado (Self-Organizing Map)



Anexo 4: Análisis de Clusters: Sub Cluster 2

- Un total de 277 elementos.
- Mayor cantidad de distritos con un **nivel de susceptibilidad "Alto"** (31.77%)
- Segundo grupo con **un mayor promedio de Tasa de IRAs** de los 4 grupos con un valor de 83.31
- Grupo con un menor promedio de la Tasa de Letalidad con un valor igual a 0.23
- **Segundo grupo** con un menor promedio de la **Tasa de Mortalidad** con un valor igual a 0.23
- **Segundo grupo** con un mayor promedio de **Tasa de Neumonías** con un valor igual a 0.28.





- Análisis de clústeres – Sub Cluster 3
  - Un total de 249 elementos.
  - Mayor cantidad de distritos con un nivel de **susceptibilidad "Medio"** (22.89%)
  - Segundo grupo con un menor promedio de Tasa de IRAs de los 4 grupos con un valor de 61.54
  - Segundo grupo con un **menor promedio de la Tasa de Letalidad** con un valor igual a 0.34
  - Grupo con un **menor promedio** de la Tasa de **Mortalidad** con un valor igual a 0.14
  - Grupo con un **menor promedio** de Tasa de **Neumonías** con un valor igual a 0.17

