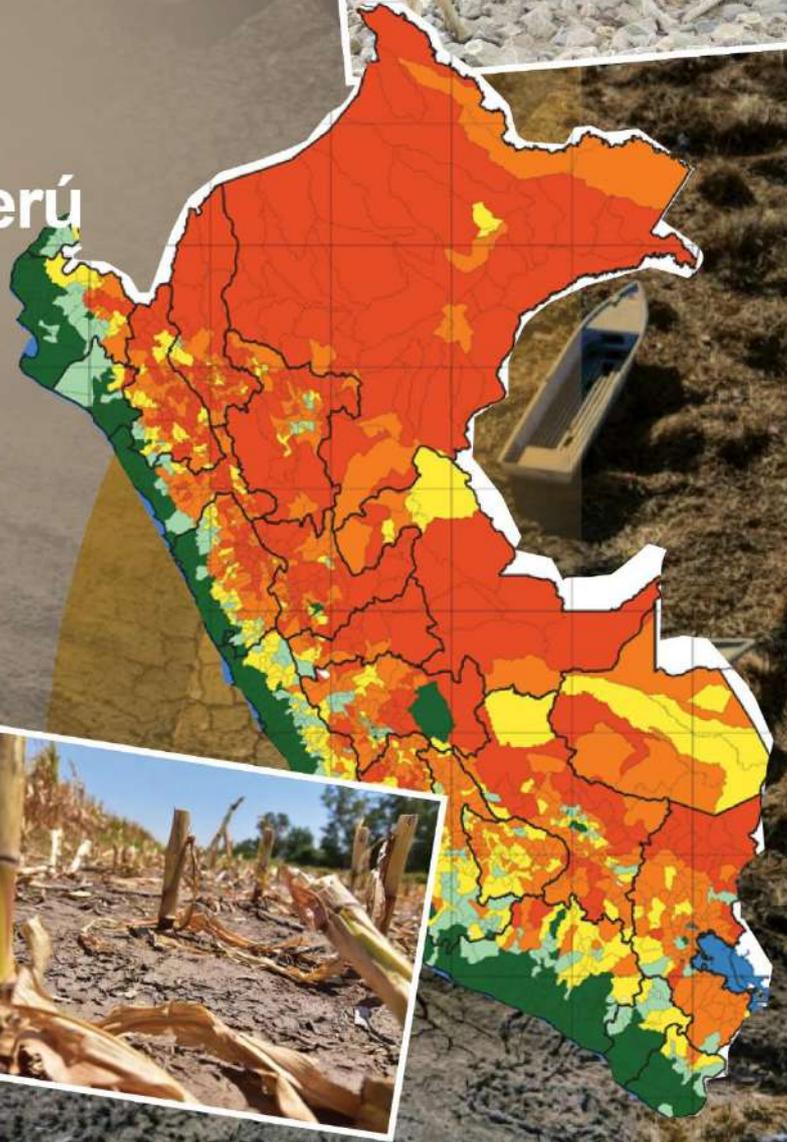


Determinación de Vulnerabilidad a la Sequía en el Perú



Dirección de Hidrología
Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas
Diciembre 2023

Foto: (c) Ojo-Publico.com

Determinación de Vulnerabilidad a la Sequía en el Perú



Determinación de Vulnerabilidad a la Sequía en el Perú

Presidente Ejecutivo

MSc. Gabriela Teofila Rosas Benancio

Director de Hidrología

MSc. Oscar Gustavo Felipe Obando

Subdirector de Estudios e Investigaciones Hidrológicas

PhD. Waldo Sven Lavado Casimiro

Autor:

Bach. Sofia Marisol Endara Huanca

ORCID: [0000-0001-6595-6853](https://orcid.org/0000-0001-6595-6853)

Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas

Diseño y diagramación por:

Casaverde Riveros, Miriam Rocío

Subdirección de Predicción Hidrológica

Colaboración:

Waldo Lavado

Dirección de Hidrología

Karina Obregón

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

Derechos Reservados

© SENAMHI, Diciembre 2023

Citar como:

Endara, S. (2023), Determinación de vulnerabilidad a la sequía en el Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.

CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Tipos de Vulnerabilidad	12
2.1.1 Vulnerabilidad social	12
2.1.2 Vulnerabilidad económica	12
2.1.3 Vulnerabilidad ambiental.....	13
2.1.4 Vulnerabilidad global.....	13
2.2 Análisis de vulnerabilidad (metodología del IMTA).....	13
2.2.1 Determinación de Pesos de los indicadores, utilizando el método de lyengar & Sudarshan (1982)	13
2.2.2 Función de distribución de probabilidad Beta	13
2.2.3 Función de densidad de probabilidad Beta	14
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Paso 1 y Paso 2: Selección de indicadores.....	15
3.2 Paso 3: Procesamiento de información	18
3.3 Paso 4: Normalización de indicadores de vulnerabilidad	19
3.4 Paso 5: Cálculo de pesos.....	22
3.5. Paso 6: Cálculo de índices de vulnerabilidad	22
3.6 Paso 7: Ajuste de indicadores para una función de distribución de probabilidad.....	22
3.7 Paso 8: Clasificación de índices de vulnerabilidad con base a la probabilidad de ocurrencia, percentiles.	24
IV. RESULTADOS	25
4.1 Mapa de vulnerabilidad a la sequía social, económica, ambiental y global.....	25
4.2 Distritos vulnerables a la sequía por tipo de vulnerabilidad	30
4.3 Vulnerabilidad global a la sequía por regiones.....	30
4.4 Vulnerabilidad global a la sequía por departamentos.....	31
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES	35
VII. MAPAS DE VULNERABILIDAD GLOBAL POR DEPARTAMENTOS	36
VII. REFERENCIAS	60
A N E X O.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de indicadores para evaluar la vulnerabilidad ante sequías.....	15
Tabla 2. Fórmula para el cálculo de indicadores que integran los índices de vulnerabilidad	18
Tabla 3. Indicadores considerados y relación de funcional respecto a la vulnerabilidad da la sequía	21
Tabla 4. Pesos de indicadores de vulnerabilidad, social, económica y ambiental.....	22
Tabla 5. Categorías para clasificar el grado de vulnerabilidad.....	24
Tabla 6. Porcentaje de distritos vulnerables a la sequía en departamentos costeros .	32
Tabla 7. Porcentaje de distritos vulnerables a la sequía en departamentos de la sierra	32
Tabla 8. Porcentaje de distritos vulnerables a la sequía en departamentos de la selva	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Riesgo ante la sequía	12
Figura 2. Metodología para el cálculo de vulnerabilidad a la sequía.....	15
Figura 3. Función de distribución empírica y teórica para índice de vulnerabilidad social	23
Figura 4. Función de distribución empírica y teórica para índice de vulnerabilidad económica	23
Figura 5. Función de distribución empírica y teórica para índice de vulnerabilidad ambiental.....	24
Figura 6. Vulnerabilidad social a la sequía por distritos a nivel nacional.....	26
Figura 7. Vulnerabilidad económica a la sequía por distritos a nivel nacional	27
Figura 8. Vulnerabilidad ambiental a la sequía por distritos a nivel nacional	28
Figura 9. Vulnerabilidad global a la sequía por distritos a nivel nacional	29
Figura 10. Porcentaje de distritos por grado de vulnerabilidad	30
Figura 11. Vulnerabilidad global por regiones geográficas	31

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Tumbes.....	36
Mapa 2. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Piura	37
Mapa 3. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de La Libertad.....	38
Mapa 4. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Lambayeque	39
Mapa 5. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ancash	40
Mapa 6. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Lima.....	41
Mapa 7. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ica.....	42
Mapa 8. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Arequipa	43
Mapa 9. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Moquegua.....	44
Mapa 10. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Tacna	45
Mapa 11. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Tacna	46
Mapa 12. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Cusco	47
Mapa 13. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Apurímac	48
Mapa 14. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ayacucho.....	49
Mapa 15. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Huancavelica .	50
Mapa 16. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Junín.....	51
Mapa 17. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Apurímac	52
Mapa 18. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Huánuco	53
Mapa 19. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Cajamarca	54
Mapa 20. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Amazonas.....	55
Mapa 21. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de San Martín	56
Mapa 22. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Loreto	57
Mapa 23. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ucayali.....	58
Mapa 24. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Madre de Díos	59

RESUMEN

La sequía es uno de los peligros con más impactos negativos y costosos en términos económicos. Asimismo, el impacto de la sequía varía espacialmente en las regiones, sobre todo donde los elementos expuestos vulnerables podrían aumentar el grado de riesgo de la sequía en determinadas zonas.

El presente estudio tuvo por objetivo determinar áreas vulnerables a la sequía en el Perú desde un enfoque multidimensional, utilizando indicadores sociales, económicos y ambientales.

La metodología consistió en nueve pasos: desde identificación de la zona de estudio, selección de indicadores disponibles, y procesamiento de la información (Paso 1, 2 y 3), posteriormente se realiza el análisis de pesos, normalización de indicadores y ajuste a la función de distribución de probabilidad "Beta" (pasos 4, 5, 6 y 7), finalmente se realiza la clasificación de grado de vulnerabilidad y mapeo (paso 8 y 9).

Los resultados mostraron, los departamentos de La Libertad y Ancash presentaron los mayores porcentajes de distritos con "Alta" vulnerabilidad, registrando un 31.33 % y 35.54 %, respectivamente. En la región sierra, todos los departamentos exhiben más del 30 % de sus distritos con "Alta" y "Muy Alta" vulnerabilidad. Igualmente, en la selva peruana, Amazonas, San Martín y Madre de Dios, se identifica un preocupante de 40.48 %, 40.26 %, y 63.64 % de distritos clasificados como "Alta" vulnerabilidad.

Palabras clave: Vulnerabilidad social, Vulnerabilidad económica, Vulnerabilidad económica, Sequía

ABSTRACT

Drought is one of the dangers with the most negative and costly impacts in economic terms. Likewise, the impact of drought varies spatially in regions especially where vulnerable exposed elements could increase the degree of drought risk in certain areas.

The objective of this study was to determine areas vulnerable to drought in Peru from a multidimensional approach, using social, economic and environmental indicators. The methodology consisted of nine steps: from identification of the study area, selection of available indicators, and information processing (Step 1, 2 and 3), subsequently the weight analysis, normalization of indicators and adjustment to the function were carried out. "Beta" probability distribution (steps 4, 5, 6 and 7), finally the vulnerability degree classification and mapping are carried out (steps 8 and 9).

The results showed that the departments of La Libertad and Ancash presented the highest percentages of districts with "High" vulnerability, registering 31.33 % and 35.54 %, respectively. In the mountain region, all departments show more than 30% of their districts with "High" and "Very High" vulnerability. Likewise, in the Peruvian jungle, Amazonas, San Martín and Madre de Dios, a worrying 40.48 %, 40.26 %, and 63.64 % of districts classified as "High" vulnerability are identified.

Keywords: Social vulnerability, Economic vulnerability, Economic vulnerability, Drought

DETERMINACIÓN DE VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA EN EL PERÚ

I. INTRODUCCIÓN

La sequía es un fenómeno climático de gran relevancia global, que impacta de manera significativa a las personas y sus medios de vida, la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, la economía y el medio ambiente. La vulnerabilidad a la sequía se ha convertido en un factor a escala mundial, donde el cambio climático y la variabilidad climática cada vez se hacen más evidentes. Este estudio se basa principalmente en explorar y determinar la vulnerabilidad a la sequía en el Perú, analizando las dimensiones sociales, económicas y ambientales.

La sequía es un peligro natural insidioso, forma parte del clima casi en todos los países. No debe verse como un fenómeno físico más, sino como el resultado de la interacción entre el evento natural y la demanda impuesta del suministro de agua por los sistemas de uso humano. Así, la sequía debe considerarse en relación a un promedio de largo plazo (mínimo 30 años) (Wilhite, 2000). Existen muchas definiciones de sequía por diferentes disciplinas, por ejemplo, meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica (OMM, 2016). Cada disciplina incorpora sus diferentes definiciones desde el punto de vista biológico, físico, social y económico. De lo anterior, las definiciones de cada tipo de sequía se basan en sus impactos. Por lo tanto, las definiciones deben ser en función de sus impactos o son específicos de la aplicación y reflejan características climáticas regionales únicas para ser utilizados de modo operativo por parte de los tomadores de decisión. Una definición a la sequía sería:

“Es un evento climático extremo de origen natural, que resulta de la deficiencia de lluvias considerablemente inferiores a lo considerado como normal, generando impactos negativos asociados a la vulnerabilidad de los sistemas expuestos. Cuando este evento se prolonga en el tiempo (meses y años), la disponibilidad de agua llega a ser insuficiente para satisfacer la demanda habitual de la sociedad y del ambiente. Las sequías pueden clasificarse en meteorológica, agrícola, hidrológica, socioeconómica y ecológica” (SENAMHI, 2021).

Los impactos de la sequía son diversos. La sequía de 1982-1983 afectó a diferentes departamentos del Perú sobre todo en la sierra sur. En 1982, se identificó una sequía moderada a severa intensidad que afectó los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque (Endara et al., 2019). Asimismo, estos eventos de sequía originaron un período de escasez de agua en la zona norte del Perú durante el primer trimestre, limitando la actividad agropecuaria (BCRP, 1982). Mientras, la sequía del 1983 afectó principalmente los departamentos de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Moquegua y Puno (zona sur del Perú) con categoría extrema. Igualmente, fue considerada la sequía más fuerte de las últimas décadas en el Perú, que afectó a 3 grandes unidades fisiográficas: Pastizales altoandinos, praderas onduladas más bajas (jalca) y los valles

encañonados; produciendo cuantiosas pérdidas en los cultivos y una disminución de los rendimientos agrícolas y pecuario. La situación más crítica se dio en el altiplano, en el departamento de Puno, entre el límite de Bolivia y el departamento de Cusco, entre las ciudades de Maranganí y Sicuani; afectando también el Altiplano Sur (Meseta de Collao) y los departamentos de Moquegua, Arequipa, Cusco, Tacna y Ayacucho (CMRRD, 2004). En el Perú, los daños de la sequía recaen fundamentalmente en la agricultura, provocando pérdidas económicas mayores en áreas dependientes directamente de la lluvia (agricultura de secano). En la sierra, ubicada mayormente en la vertiente del Atlántico, el 95 % de las tierras de cultivo son en secano (1'200,000 ha). Los períodos críticos afectan a la producción agrícola, impactando severamente la economía de la población. Los rendimientos de las cosechas disminuyeron y cuando se presentan períodos largos con deficiencias del 20 % y períodos cortos con 30 %, las cosechas se pierden totalmente debido que los cultivos en su mayoría son cultivos alimenticios de pequeña escala (ANA, 2019).

Por lo anterior, la vulnerabilidad como tal puede tener distintos orígenes, como amenazas físicas (sequías, inundaciones, derrumbes, etc.) o amenazas antropogénicas (accidentes, crisis económicas, etc.). Además, puede ser evaluada por distintas perspectivas, como social, económica, ambiental, entre otros. La vulnerabilidad a la sequía, entendida como "la medida en que un sistema es susceptible de sufrir daños por la sequía y es incapaz de hacer frente a sus efectos adversos". Es decir, se refiere a la capacidad de un sistema (ya sea socioeconómico o ambiental) para resistir y recuperarse de los impactos negativos de la sequía (Ortega, 2018).

En Perú existe la ley N° 29664 de Sistema Nacional de Gestión del Riesgo y Desastres, el cual, regula los objetivos, composición y funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), cuya finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y atender situaciones de peligro mediante lineamientos de gestión. Así, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED) en el marco de sus funciones, en el 2022 elaboró los "Escenario de riesgo ante sequía meteorológica" el cual el SENAMHI por medio del Observatorio Nacional de Sequías viene participando activamente en el desarrollo del mapa de peligro y en la asistencia técnica en la elaboración de la metodología de vulnerabilidad debido a que el país se desarrolla sólo en la dimensión social y económica. El escenario de riesgo ante sequía meteorológica servirá como herramienta para disminuir el grado de vulnerabilidad en el Perú identificando las zonas más vulnerables en el sector agropecuario principalmente, asimismo, contribuyen en los distintos instrumentos de gestión de riesgo y desastre regionales y locales.

En este sentido, el presente reporte tuvo por objetivo utilizar la metodología de vulnerabilidad ante sequías del Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua IMTA (2015) en el marco de Atlas de vulnerabilidad en América Latina y el Caribe (ALC) 2023. Y la inclusión de indicadores de vulnerabilidad ambiental en la metodología realizada por CENEPRED, el cual servirá como herramienta de toma de decisiones para el sector de gestión de riesgo y desastres (CENEPRED, 2022).

II. MARCO TEÓRICO

El concepto de vulnerabilidad, explorado desde muchos puntos de vista como la antropología, sociología, ecología y política, geociencias y la ingeniería no tiene una definición exacta. En este sentido, la vulnerabilidad ha sido definida de distintos enfoques y a partir de elementos variados. En general, se puede decir que la vulnerabilidad es una condición de fragilidad o debilidad de un individuo, sistema o elemento bajo cierto tipo de amenaza (sequías, inundaciones, movimientos en masa, entre otros).

Así, el IPCC (2017) define las componentes de la vulnerabilidad, grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

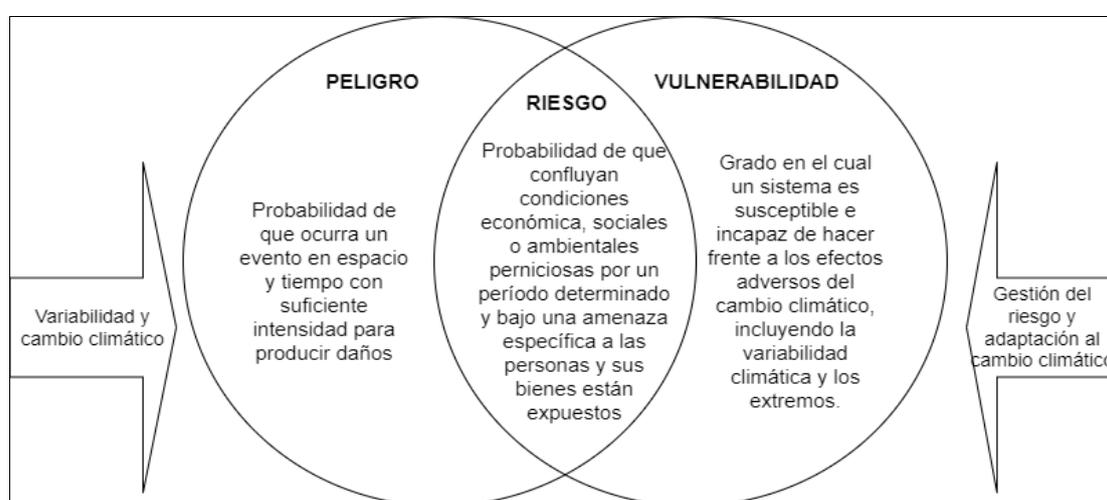


Figura 1. Riesgo ante la sequía
Fuente: Adaptado del IMTA (2012)

2.1 Tipos de Vulnerabilidad

2.1.1 Vulnerabilidad social

Este concepto hace referencia a la inseguridad e indefensión que experimentan comunidades, familias e individuos cuando sus condiciones de vida se ven amenazadas por la sequía. La pobreza, el difícil acceso a servicios de salud, educación y vivienda, entre otros, inhiben la capacidad de prevenir, mitigar y responder rápidamente a una situación de desastre debido a déficit hidrológico.

2.1.2 Vulnerabilidad económica

Se refiere a la inseguridad e indefensión de las actividades económicas o sectores productivos frente a la sequía debido a la falta de infraestructura y servicios técnicos adecuados, ayudas a la producción, dificultad para acceder a créditos y seguros, etc. Los sectores agrícolas y el sector ganadero son, sin duda, el sector económico más vulnerable a la sequía, porque la agricultura y la ganadería dependen absolutamente del agua para obtener beneficios. Por tanto, cuanto mayor sea la dependencia de una

población de la agricultura y la ganadería, mayor su vulnerabilidad económica a la sequía.

2.1.3 Vulnerabilidad ambiental

Este concepto está relacionado con una susceptibilidad intrínseca del medio ambiente o que sus recursos naturales se vean afectados negativamente por la falta de agua; todos los seres vivos necesitan ciertas condiciones ambientales para su desarrollo, pero cuando la naturaleza se deteriora como consecuencia de la destrucción de los activos ambientales, los ecosistemas se vuelven altamente vulnerables a peligros como la sequía.

2.1.4 Vulnerabilidad global

De los 3 tipos previamente descritos de vulnerabilidad (social, económica y ambiental) convergen en una vulnerabilidad general o global. De los cuales, engloba los factores sociales, económicos y ambientales.

2.2 Análisis de vulnerabilidad (metodología del IMTA)

2.2.1 Determinación de Pesos de los indicadores, utilizando el método de Iyengar & Sudarshan (1982)

Existen distintos métodos para la determinación de pesos de un grupo de indicadores, para este propósito de la determinación de los pesos se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$P_j = \frac{1}{(\sigma_j) \left(\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_j} \right) \right)} = \frac{c}{\sigma_j} \quad (1)$$

Dónde:

P_j , es el peso ponderado del indicador j ,

σ_j , es la desviación estándar de la muestra de la matriz del indicador j , y

$C = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_j} \right)}$, es el coeficiente de normalización

2.2.2 Función de distribución de probabilidad Beta

La función de distribución de probabilidad Beta es una función de probabilidad continua, tiene como finalidad modelar las variables aleatorias continuas con dominio acotado de 0 a 1, La Función de distribución de probabilidad beta se denota como, Beta (x ; α, β), donde x se encuentra en el intervalo de 0 a 1 y alfa y beta son parámetros positivos (Johnson, 1995).

La PDF-Beta está dada por la siguiente ecuación:

$$F(x; \alpha, \beta) = \left(\frac{1}{B(\alpha, \beta)} \right) \times (x^{\alpha-1}) \times ((1-x)^{\beta-1}) \quad (2)$$

Donde; $B(\alpha, \beta)$ es la función Beta, la cual es una función de normalización conocida y definida como:

$$B(\alpha, \beta) = \frac{(\Gamma(\alpha) \times (\Gamma(\beta)))}{\Gamma(\alpha + \beta)} \quad (3)$$

Donde; Γ representa la función Gamma.

2.2.3 Función de densidad de probabilidad Beta

Función de densidad de probabilidad (PDF) de la distribución beta, para $0 \leq x \leq 1$ y los parámetros de forma α y β mayor a 0,

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}}{\int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx}; 0 < x < 1; \alpha \text{ y } \beta > 0 \quad (4)$$

Siendo la media y la varianza de la variable X de la forma,

$$\mu = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (5)$$

$$\beta = \alpha \left\{ \frac{1-\mu}{\mu} \right\} \quad (6)$$

Con fines iterativos, en la **Figura 1** se muestra algunos ejemplos del comportamiento de la función de densidad y de distribución de probabilidad Beta.

III. METODOLOGÍA

La metodología propuesta consta de nueve pasos (ver **Figura 1**), donde el primero de ellos fue la selección del área de estudio, que en este caso es a nivel nacional.

El segundo paso consistió en la identificación de los indicadores que servirán para el cálculo de la vulnerabilidad a la sequía y agruparlos en los tres tipos de vulnerabilidad: Social, económico y ambiental; y en los diferentes componentes, grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Para nuestro caso nos enfocaremos en la componente de grado de exposición y sensibilidad, debido a que los índices, en su mayoría, fueron propuestos por CENEPRED y no se tiene información de capacidad adaptativa.

El paso 3, consiste en el análisis y procesamiento de la información sobre todo en transformar los datos a escala distrital. El paso 4, consistió en normalizar los índices de vulnerabilidad, este paso es importante para la estandarización de los índices para luego ser compuesto en los tipos de vulnerabilidad.

El paso 5, consistió en la obtención de pesos ponderados de los indicadores propuestos en la metodología del (IMTA, 2014) en función de la desviación estándar mientras el paso 6, consistió en el cálculo de los índices de vulnerabilidad. El paso 7, es el ajuste a una distribución de probabilidad en este caso "Beta" de los 4 tipos de vulnerabilidad, social, económico, ambiental y general o global (este último compuesto por los 3 anteriores).

El paso 8, consistió en el cálculo de percentiles para la clasificación del grado de vulnerabilidad y finalmente el mapeo se elabora en el paso 9.

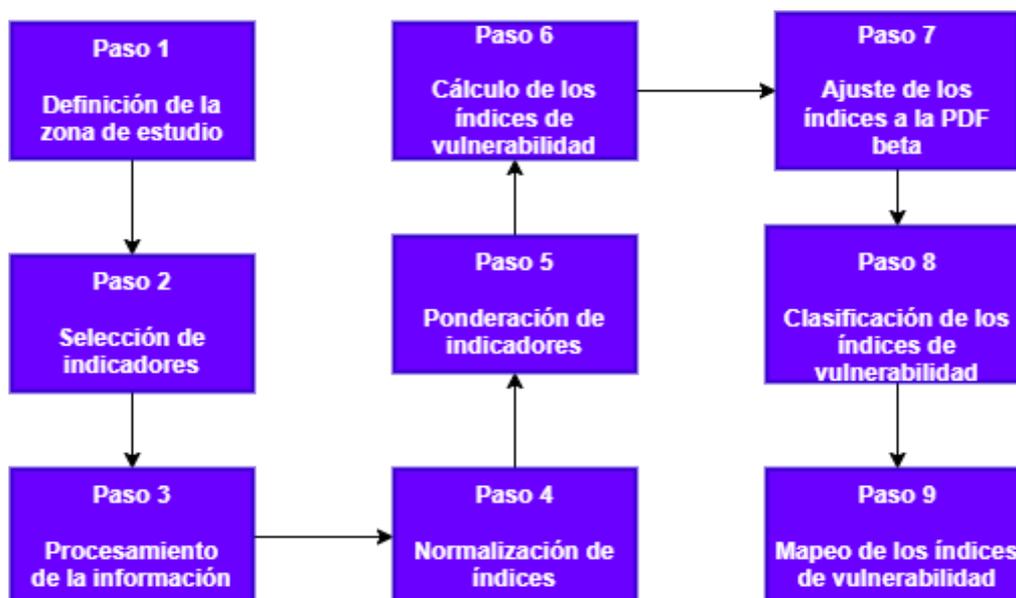


Figura 2. Metodología para el cálculo de vulnerabilidad a la sequía

3.1 Paso 1 y Paso 2: Selección de indicadores

Para la determinación de vulnerabilidad a la sequía en el Perú se utilizó datos de indicadores vulnerabilidad de sequía a nivel distrital, los cuales fueron proporcionados por CENEPRED en su mayoría en el marco de la actualización de “Escenarios de riegos ante la sequía meteorológica en el Perú 2022”. La **Tabla 1**, muestra los indicadores utilizados y su descripción.

Tabla 1. Descripción de indicadores para evaluar la vulnerabilidad ante sequías

Dimensión	Indicador	Definición	Justificación de su inclusión
Social	Porcentaje de Analfabetismo (%)	Muestra el valor porcentual de personas de 15 años a más que declararon no saber leer ni escribir, respecto al total de personas de un determinado distrito.	El conocimiento del riesgo y los elementos que lo conforman, además del aprendizaje de las acciones que se deben seguir en una situación de emergencia frente a un desastre, requiere de un proceso formativo, y la alfabetización brinda una mayor oportunidad a la población en el acceso a esta información, fortaleciendo sus capacidades sobre la gestión del riesgo de desastres.
Social	Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) (%)	Refleja un nivel de pobreza, ligadas a las condiciones básicas requeridas por una familia (condiciones de vivienda, salud, infraestructura, otros).	La población con mayor condición de pobreza tendrá menos oportunidad de afrontar los efectos de la sequía, tales como escasez de alimentos, enfermedades por vectores debido a la falta de agua para beber y para la higiene personal, entre otros.

Social	Porcentaje de anemia en la población menor a tres años (%)	De acuerdo al MINSA (2019), la anemia afecta al 43.6% de los niños y niñas de 6 a 36 meses de edad. La población menor a tres años necesita un mayor requerimiento de hierro, sobre todo en el primer año de vida debido a su gran velocidad de crecimiento.	La presencia de anemia en la población menor a tres años repercute negativamente en su desarrollo a nivel cognitivo, motor, emocional y social. De presentarse un desabastecimiento de alimentos por sequías, los valores porcentuales de la anemia en la población podrían incrementarse.
Social	Tasa desnutrición crónica en la población menor a cinco años (%)	La desnutrición crónica es el retardo en el crecimiento en talla para la edad y se determina al comparar la talla del niño con la esperada para su edad y sexo. Se mide a través del indicador denominado Tasa de Desnutrición Crónica, aplicable a los menores de 5 años de edad, tomando en consideración estándares aceptados por la OMS.	La población infantil con desnutrición crónica presenta un sistema inmunológico deficiente para defenderse de las infecciones. De presentarse un desabastecimiento de alimentos por sequías, los valores porcentuales de la desnutrición crónica en la población podrían incrementarse.
Social	Déficit de cobertura de agua por red pública (%)	Porcentaje de viviendas sin acceso a agua por red pública. De acuerdo al INEI, se considera sin acceso a agua por red pública el abastecimiento por camión cisterna, pozo, río, acequia, lago, laguna, manantial, puquial u otro similar.	Los distritos más expuestos corresponden a los que presentan el mayor valor porcentual de déficit de cobertura de agua por red pública.
Económico	Densidad de población (Hab/Km²)	Es la relación entre el número de habitantes del distrito y su área	Cuanto mayor es la densidad de población del distrito, se requiere mayores volúmenes de agua para satisfacer la demanda y, por tanto, dicha región es más vulnerable a padecer los efectos del déficit hídrico como consecuencia de la sequía
Económico	Población económicamente activa (PEA) ocupada dedicada a la agricultura y ganadería (%)	Se refiere la relación entre la población económicamente activa ocupada dedicada a la agricultura y/o ganadería y población económicamente activa ocupada total del distrito	La vulnerabilidad de la sequía tiene una relación inversa al desarrollo social y económico. Las regiones que tienen mayor población económicamente activa ocupada y como actividad principal la agricultura y/o ganadería tienen menor acceso a volúmenes de agua para sus actividades diarias como consecuencia de la sequía.
Económico	Superficie agrícola bajo secano (%)	La superficie bajo secano representa el 63.8% de la superficie agrícola total y la superficie bajo riego el 36.2%. La superficie bajo secano se encuentra	El acceso a riego es un factor que contribuye a incrementar los niveles de resiliencia de los cultivos en zonas expuestas a deficiencia hídrica. El riego oportuno permite el crecimiento de las plantas, puesto

		<p>mayoritariamente en las regiones sierra y selva donde concentran el 51% y el 45% respectivamente, mientras que en la región costera solo 5% (CENAGRO, 2012)</p>	<p>que disminuye el estrés hídrico provocado por la falta de agua. Por el contrario, los cultivos de secano dependen del agua que aportan las precipitaciones; por esta razón, hay mayor posibilidad que la deficiencia de lluvias pueda generar daños y/o pérdidas en la agricultura; siendo necesario identificar la representatividad de esta superficie agrícola bajo secano en el distrito.</p>
Económico	Superficie de pastos (naturales y cultivados) (Ha)	<p>La superficie de pastos naturales y cultivados a nivel nacional tiene una superficie de 18 791 816.3 hectáreas, sobre la cual se desarrolla la actividad ganadera del país como el ganado vacuno, ganado ovino, camélidos sudamericanos (llamas, alpacas, vicuñas y guanacos) y otras especies de ganado como el equino, caprino y porcino (IV CENAGRO, 2012).</p>	<p>La superficie de pastos es la principal fuente de alimento para la población ganadera. La ausencia prolongada de lluvias puede generar una disminución de los pastizales, y por consiguiente la escasez de alimento a los animales, que se materializan en la pérdida de peso del ganado, menor producción lechera y/o pérdida del ganado.</p>
Ambiental	Áreas Naturales Protegidas y Ecosistemas Frágiles	<p>Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son áreas protegidas legalmente por el Estado debido a su importancia para la conservación de la diversidad biológica, así como cultural, paisajístico y científico. Por otra parte, los Ecosistemas Frágiles son áreas de alto valor de conservación con amplia riqueza en especies de flora y fauna silvestre que brindan servicios ecosistémicos en beneficio de la población local, pero que poseen ciertas características o recursos singulares con baja capacidad de retornar a sus condiciones originales e inestable ante eventos impactantes causados por el ser humano o la naturaleza. Este indicador muestra la proporción entre la superficie de ANP y Ecosistemas Frágiles respecto a la superficie total del distrito.</p>	<p>Las sequías pueden afectar la diversidad biológica y ecosistémica de las ANP y Ecosistemas Frágiles, sobre todo a aquellos que se encuentran sobre tierras secas. En ese sentido es necesario identificar la representatividad de estas áreas en el ámbito distrital a fin de dimensionar su exposición a las sequías.</p>

Ambiental	Índice de aridez	Nos indica el grado de suficiencia o insuficiencia de agua en una región determinada.	La sequía recurrente o prolongada pueden afectar aún más las zonas áridas debido a que esta zona ya tiene la insuficiencia de agua y con la sequía puede agravar la situación.
------------------	-------------------------	---	--

3.2 Paso 3: Procesamiento de información

La **Tabla 2** muestra el detalle de la ecuación utilizada para cada indicador de vulnerabilidad de social, económica y ambiental y las fuentes de información.

Tabla 2. Fórmula para el cálculo de indicadores que integran los índices de vulnerabilidad

Indicador	Fórmula	Fuente de información
Porcentaje de Analfabetismo (%)	$\text{Porcentaje de analfabetismo} = \frac{\text{Población analfabeta}}{\text{Población del distrito}} \times 100$	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) (%)	$\text{Porcentaje de NBI} = \frac{\text{Población NBI}}{\text{Población del distrito}} \times 100$	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Porcentaje de anemia en la población menor a tres años (%)	$\text{Porcentaje de anemia menor a 3 años} = \frac{\text{Población con anemia menor a 3 años}}{\text{Población menor a 3 años del distrito}} \times 100$	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Tasa desnutrición crónica en la población menor a cinco años (%)	$\text{Porcentaje de desnutrición menor 5 años} = \frac{\text{Población desnutrida menor a 5 años}}{\text{Población menor a 5 años del distrito}} \times 100$	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Déficit de cobertura de agua por red pública (%)	$\text{Porcentaje de déficit de cobertura de agua} = \frac{\text{Población sin cobertura de agua por red pública}}{\text{Población del distrito}} \times 100$	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)

Densidad de población (Hab/Km ²)	$\text{Densidad de población} = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Área (km}^2\text{)}} \times 100$	Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI, 2023)
Población económicament e activa (PEA) ocupada dedicada a la agricultura y ganadería (%)	$\text{Población económicamente activa dedicada a la agricultura} = \frac{PEA_{o.ag}}{PEA_o} \times 100$	Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI, 2023)
Superficie agrícola bajo secano (%)	$\text{Superficie agrícola bajo secano} = \frac{\text{Superficie agrícola bajo secano}}{\text{Superficie agrícola en el distrito}} \times 100$	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Superficie de pastos (naturales y cultivados) (Ha)	Total de superficie de pastos en el distrito	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Porcentaje Áreas Naturales Protegidas y Ecosistemas Frágiles	Índice de ANP y EF en el distrito	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2022)
Índice de aridez	Índice de aridez en el distrito	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2022)

3.3 Paso 4: Normalización de indicadores de vulnerabilidad

Dado que los indicadores están expresados en distintas unidades de medida y escalas, sus valores fueron normalizados para que todos se expresen en el rango de 0 a 1. Para realizar este procedimiento, primero identificamos la relación funcional del indicador con la vulnerabilidad a la sequía, como se muestra en la **Tabla 3**.

Una vez identificado los indicadores y su impacto positivo o negativo sobre la vulnerabilidad ante la sequía, se procede a normalizarlos utilizando la ecuación 7.

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - X_{min}}{X_{máx} - X_{min}} \quad (7)$$

Dónde:

x_{ij} Valor de indicador j del distrito i normalizado

X_{ij} Valor de indicador j del distrito i no normalizado

X_{\min} Valor mínimo de la matriz del indicador j ; y

X_{\max} Valor máximo de la matriz de indicador j .

Tabla 3. Indicadores considerados y relación de funcional respecto a la vulnerabilidad da la sequía

Componente de Vulnerabilidad	Indicadores	Clave	Relación del indicador con la vulnerabilidad	Expresión simple de la relación
Grado de exposición	Porcentaje de Analfabetismo (%)	ANAL	ANAL ↑ => Vul ↑	↑
	Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) (%)	NBI	NBI ↑ => Vul ↑	↑
	Porcentaje de anemia en la población menor a tres años (%)	ANEMIA_3A	ANEMIA_3A ↑ => Vul ↑	↑
	Tasa desnutrición crónica en la población menor a cinco años (%)	DESNUTRICIÓN_5A	DESNUTRICIÓN_5A ↑ => Vul ↑	↑
	Déficit de cobertura de agua por red pública (%)	AGUA	AGUA ↑ => Vul ↑	↑
	Densidad de población (Hab/Km ²)	DEN_POB	DEN_POB ↑ => Vul ↑	↑
	Población económicamente activa (PEA) ocupada dedicada a la agricultura y ganadería (%)	PEA_oag	PEA_oag ↑ => Vul ↑	↑
	Superficie agrícola bajo secano (%)	SECANO	SECANO ↑ => Vul ↑	↑
	Superficie de pastos (naturales y cultivados) (Ha)	PASTOS	PASTOS ↑ => Vul ↑	↑
	Porcentaje Áreas Naturales Protegidas y Ecosistemas Frágiles	I_ABM	I_ABM ↑ => Vul ↑	↑
	Índice de aridez	ARIDEZ	ARIDEZ ↑ => Vul ↑	↑

3.4 Paso 5: Cálculo de pesos

Luego de obtener los valores de indicadores normalizados (ecuación 1) se procedió al cálculo de pesos. Los pesos de los indicadores para cada tipo de vulnerabilidad se observan en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Pesos de indicadores de vulnerabilidad, social, económica y ambiental

DIMENSIÓN	INDICADOR	PESO
SOCIAL	NBI	0.140
	ANAL	0.328
	AGUA	0.109
	ANEMIA_3A	0.155
	DESNUTRICIÓN_5A	0.269
ECONÓMICO	DEN_POB	0.008
	PEA_oag	0.603
	SECANO	0.388
	PASTO	0.001
AMBIENTAL	I_AMB	0.247
	ARIDEZ	0.753

3.5. Paso 6: Cálculo de índices de vulnerabilidad

Los índices de vulnerabilidad fueron calculados con el siguiente procedimiento. Primero índices de vulnerabilidad social, económica y ambiental (IVS, IVE y IVA, respectivamente) utilizando la fórmula:

$$IVS, IVE, IVA = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (8)$$

Donde, X_i es el valor normalizado del indicador i ; W_i es el peso del indicador i normalizado, n es el número de valores de cada indicador asociado a cada tipo de vulnerabilidad.

Segundo, Índice de vulnerabilidad global (IVG) es calculado a partir de la integración de los tres tipos de vulnerabilidad, donde se asume un peso 1/3 para cada índice individual:

$$IVG = \frac{IVS}{3} + \frac{IVE}{3} + \frac{IVA}{3} \quad (9)$$

3.6 Paso 7: Ajuste de indicadores para una función de distribución de probabilidad

Luego de obtener los índices de vulnerabilidad, fueron ajustados a la función de distribución de probabilidad (FDP) Beta. Para este proceso se utilizó el lenguaje de

programación R y Rstudio, para el cálculo de parámetros y ajuste a la FDP Beta, las figuras 2, 3 y 4 muestran la visualmente el ajuste de la FDP Beta y gráficas de histograma y Densidad para la vulnerabilidad social, económica y ambiental, respectivamente.

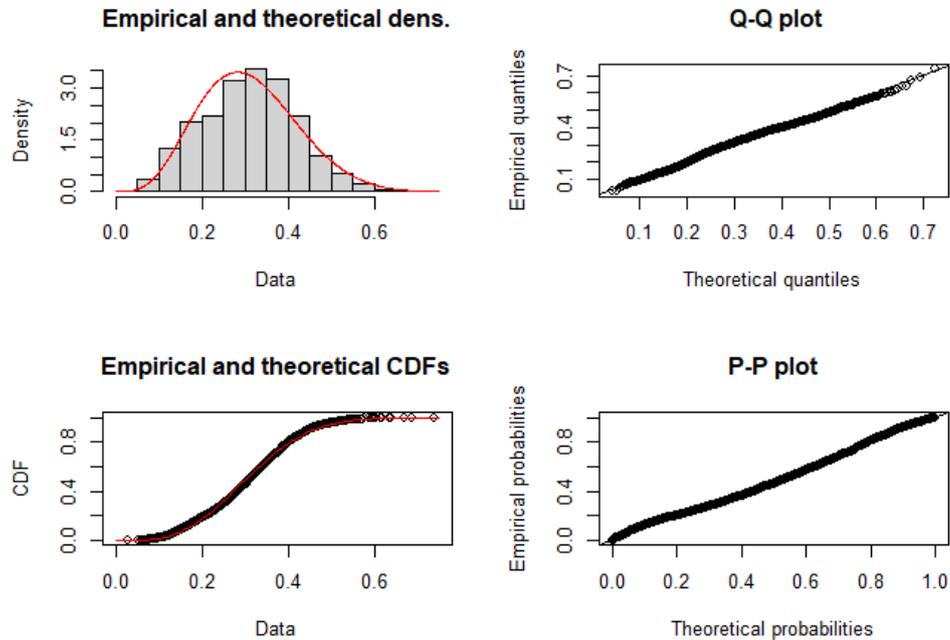


Figura 3. Función de distribución empírica y teórica para índice de vulnerabilidad social

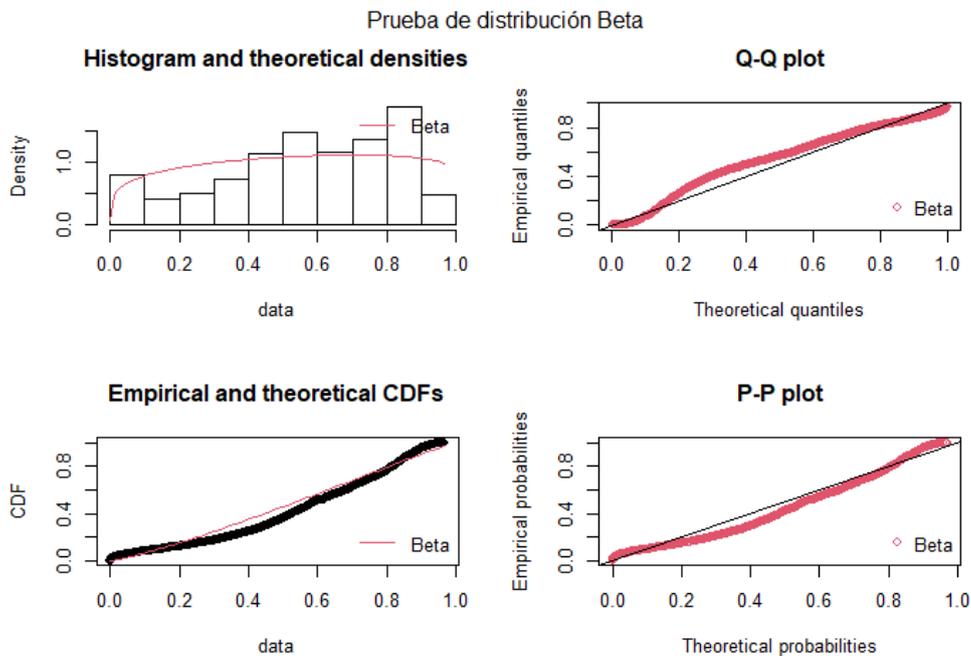


Figura 4. Función de distribución empírica y teórica para índice de vulnerabilidad económica

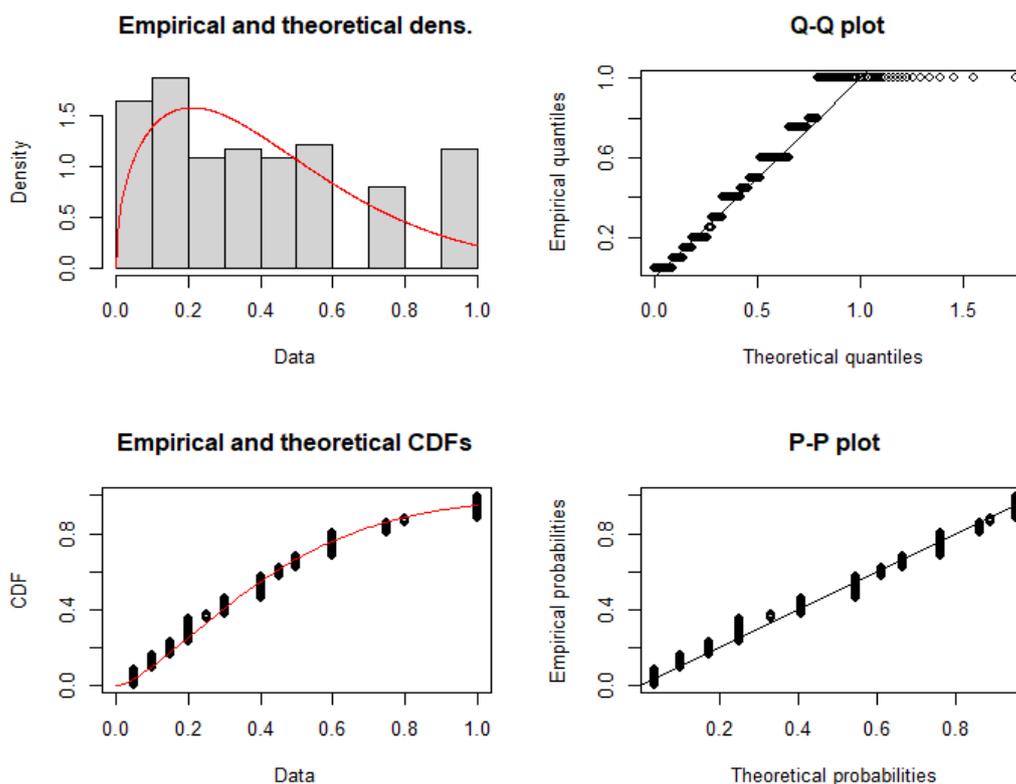


Figura 5. Función de distribución empírica y teórica para índice de vulnerabilidad ambiental

3.7 Paso 8: Clasificación de índices de vulnerabilidad con base a la probabilidad de ocurrencia, percentiles.

Dado que se tiene 5 categorías de clasificación de los índices de vulnerabilidad ante la sequía, entonces cada rango de percentil obedece al 20%. Es así, que a cada valor de vulnerabilidad al cual se le ha ajustado una probabilidad de ocurrencia queda clasificado según el percentil que corresponde, ver Tabla 5.

Tabla 5. Categorías para clasificar el grado de vulnerabilidad

Grado de Vulnerabilidad	Valor del percentil
Muy baja	$0 < I_{vi} \leq 20$
Baja	$20 < I_{vi} \leq 40$
Moderado	$40 < I_{vi} \leq 60$
Alto	$60 < I_{vi} \leq 80$
Muy Alto	$80 < I_{vi} \leq 100$

IV. RESULTADOS

4.1 Mapa de vulnerabilidad a la sequía social, económica, ambiental y global

Finalmente, se obtuvo los mapas de vulnerabilidad a la sequía por distritos a nivel nacional, tal como se ilustra en la **Figura 6** para vulnerabilidad social, **Figura 7** para la vulnerabilidad económica, **Figura 8** para vulnerabilidad ambiental y la **Figura 9** para la vulnerabilidad global o general. En él se puede identificar los tres tipos de vulnerabilidad, siendo la social y económica semejantes en variabilidad espacial en grado de vulnerabilidad. En los distritos costeros, predomina la categoría Muy baja y Baja, mientras en los distritos de la sierra, las categorías van desde “Muy baja” a “Muy alta”. En los distritos de la selva peruana predomina la categoría “Alta” y “Muy alta”.

En relación con la vulnerabilidad ambiental, la distribución espacial del grado de vulnerabilidad es más clara. Los distritos costeros presentan una vulnerabilidad de “Muy baja” y “Baja”, mientras que los distritos de la sierra y selva muestran una vulnerabilidad de “Medio”, “Alta” y “Muy alta”.

En cuanto a la vulnerabilidad global, los distritos costeros exhiben vulnerabilidad desde “Muy baja” hasta “Muy alta”, con excepción de Tumbes, Piura, Moquegua y Tacna, donde predominan las categorías “Muy baja” y “Baja” de vulnerabilidad. En los distritos de la sierra, predominan las categorías de “Media”, “Alta” y “Muy Alta” vulnerabilidad, especialmente, en la sierra norte y central del Perú. Por otro lado, los distritos de la selva muestran una “Alta” y “Muy alta” vulnerabilidad a la sequía.

MAPA DE VULNERABILIDAD SOCIAL

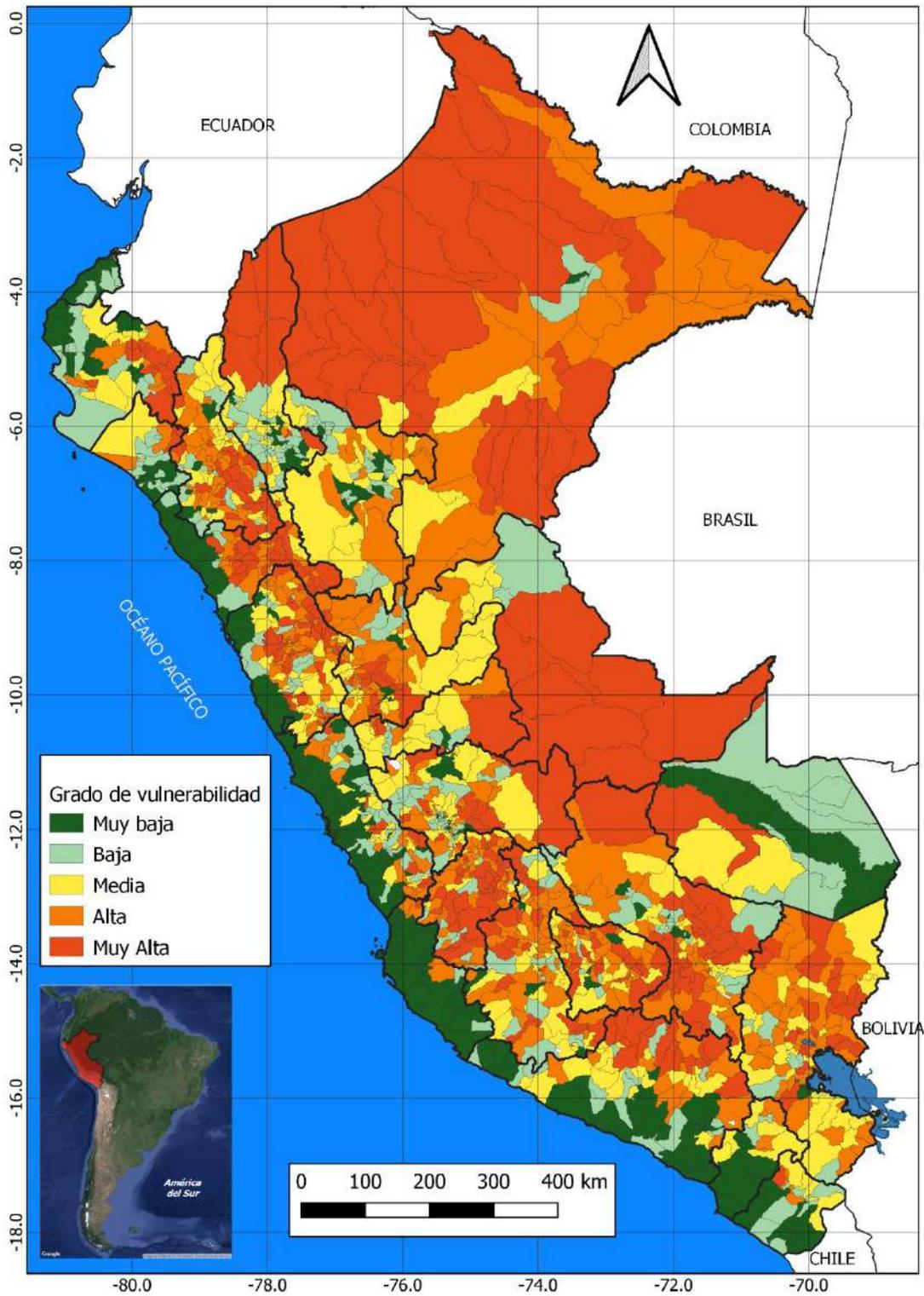


Figura 6. Vulnerabilidad social a la sequía por distritos a nivel nacional

MAPA DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA

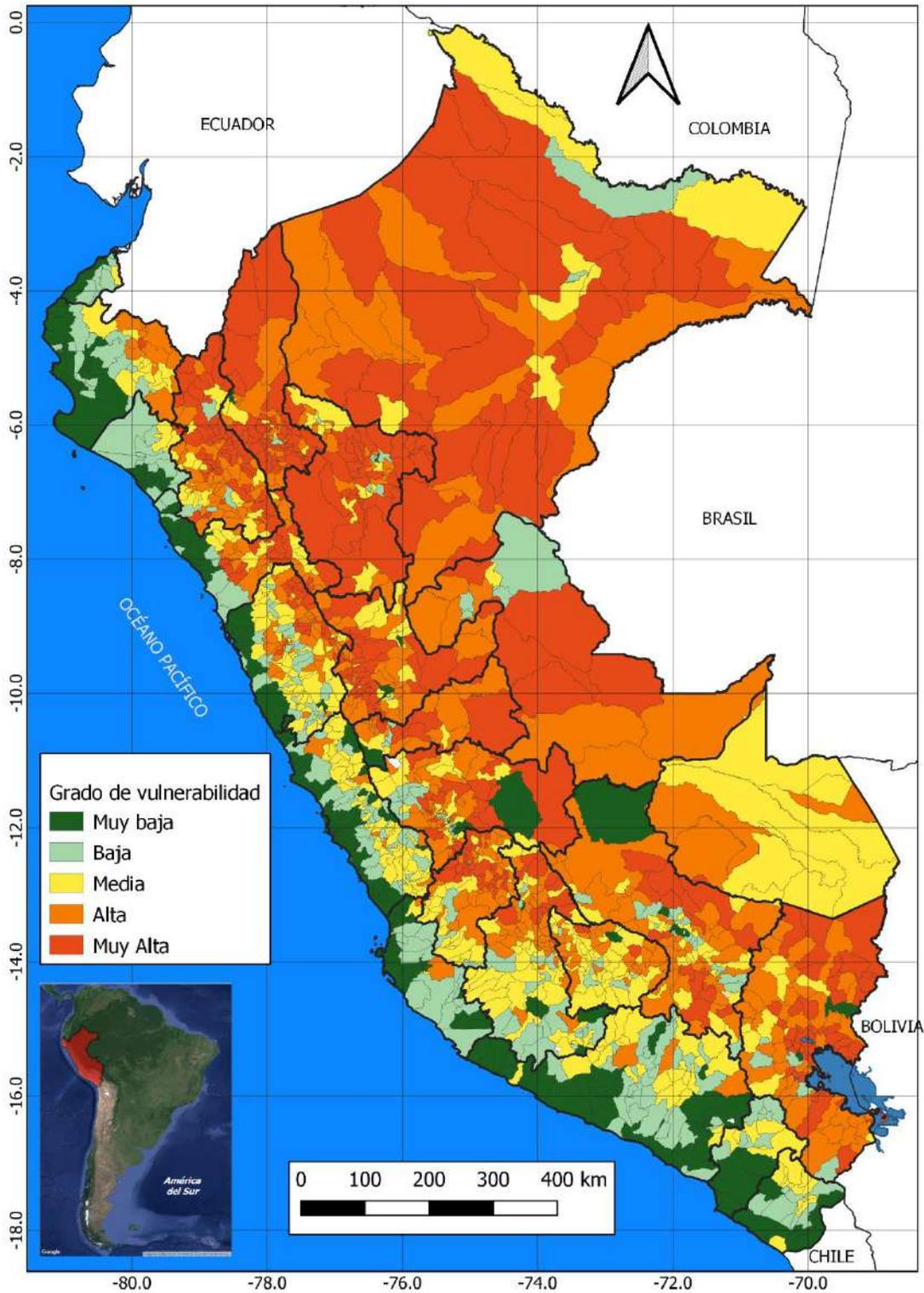


Figura 7. Vulnerabilidad económica a la sequía por distritos a nivel nacional

MAPA DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL

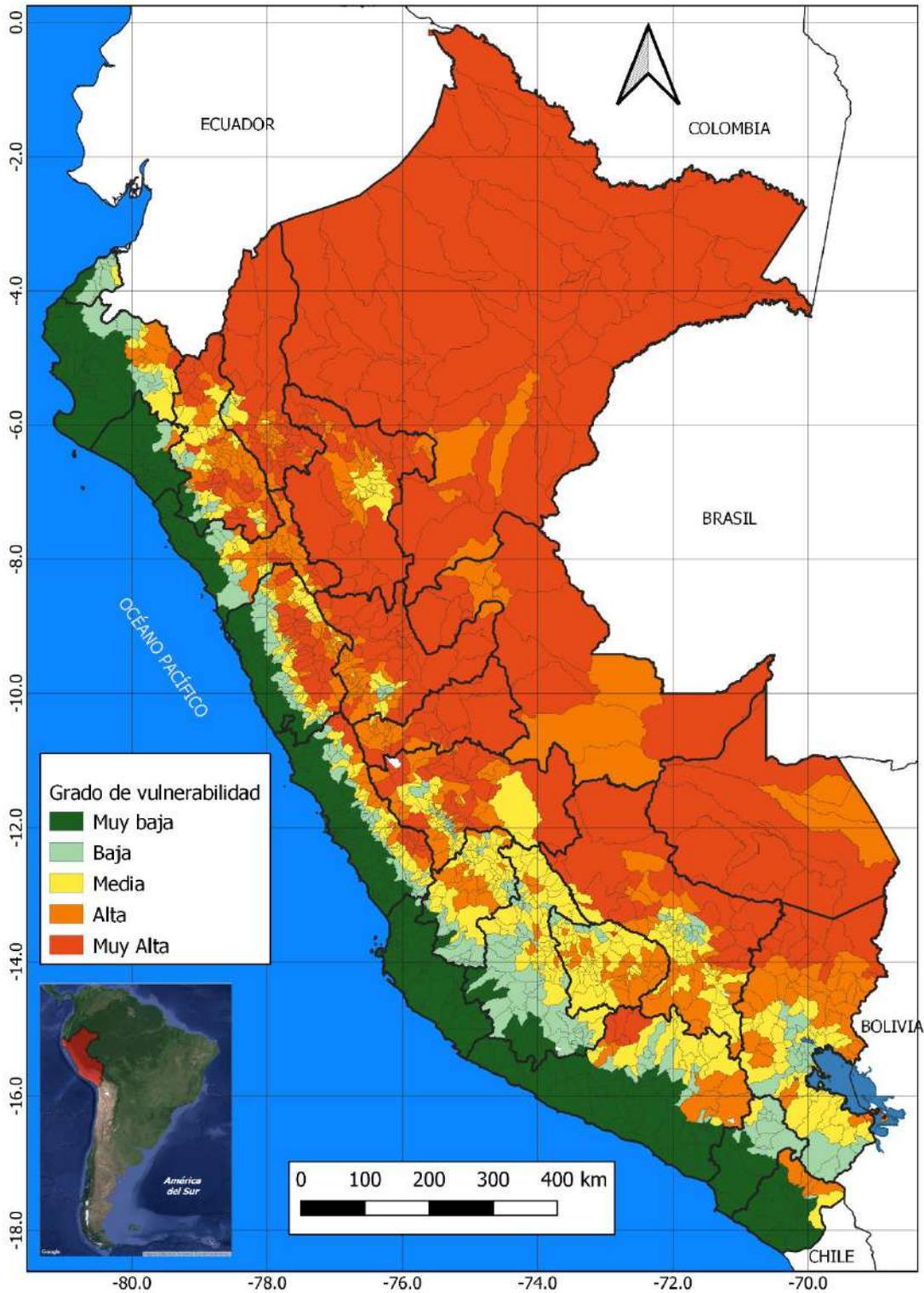


Figura 8. Vulnerabilidad ambiental a la sequía por distritos a nivel nacional

MAPA DE VULNERABILIDAD GLOBAL

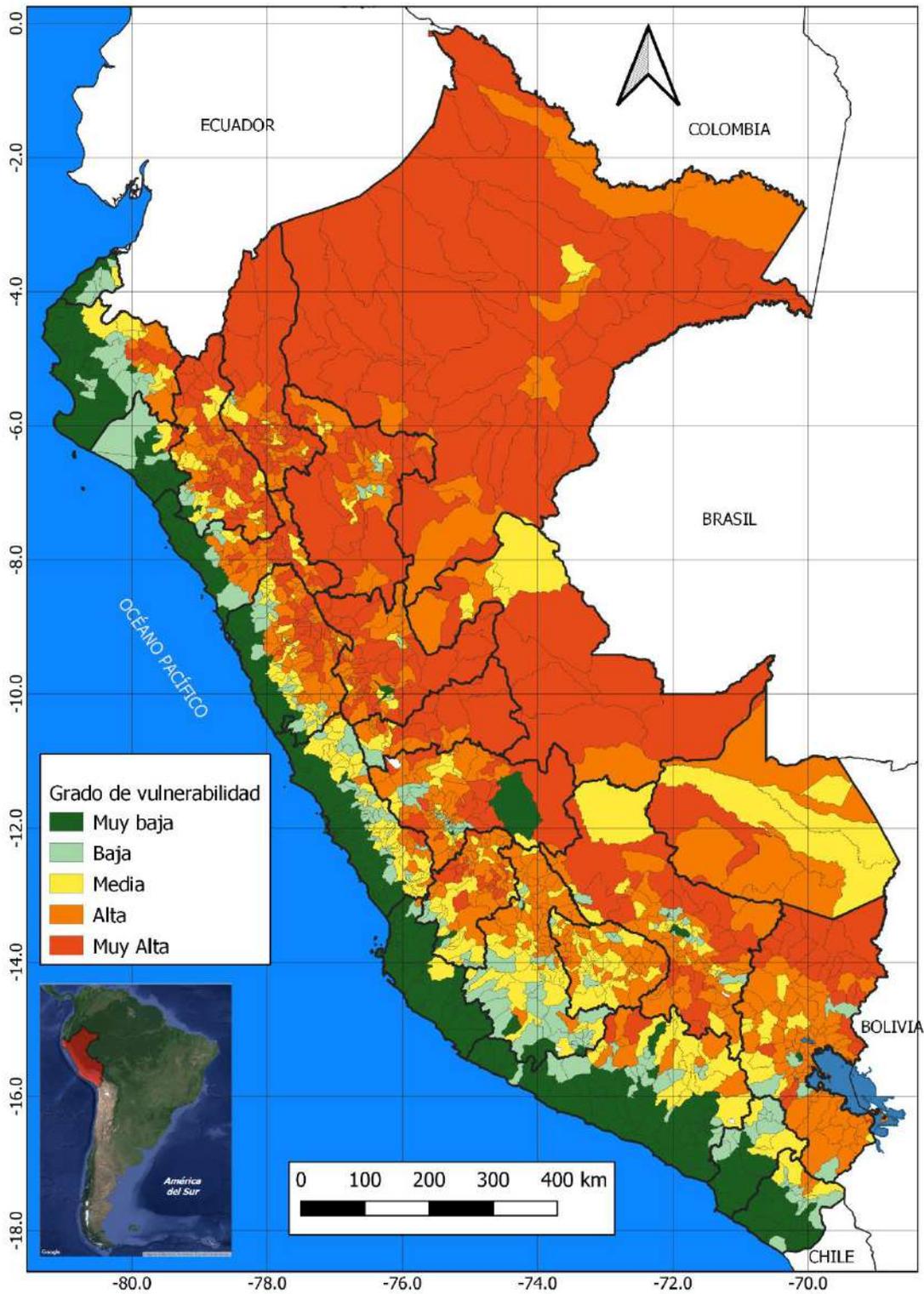


Figura 9. Vulnerabilidad global a la sequía por distritos a nivel nacional

4.2 Distritos vulnerables a la sequía por tipo de vulnerabilidad

La **Figura 10**, muestra el porcentaje de distritos y su grado de vulnerabilidad según el tipo de vulnerabilidad social, económica, ambiental y global.

En cuanto a la vulnerabilidad social, la categoría “Alta” tuvo el mayor porcentaje, con un 24.24 %, seguida de la categoría “Media”, que representó el 20.93 % de los distritos. Respecto a la vulnerabilidad económica, la categoría “Media” abarcó el 24.61 % de los distritos, seguida de la categoría “Alta”, que comprendió el 23.65 % de los distritos.

Para la vulnerabilidad ambiental la categoría “Media” representó el 25.47 % de los distritos, seguido de “Alta” vulnerabilidad, que abarcó el 21.46 % de los distritos. Finalmente, en cuanto a la vulnerabilidad global, que es un resumen de las tres anteriores, se observó que el 30.91 % de los distritos presentaron “Alta” vulnerabilidad, mientras que el 19.95 % de distritos mostraron “Muy alta” vulnerabilidad frente a la sequía.

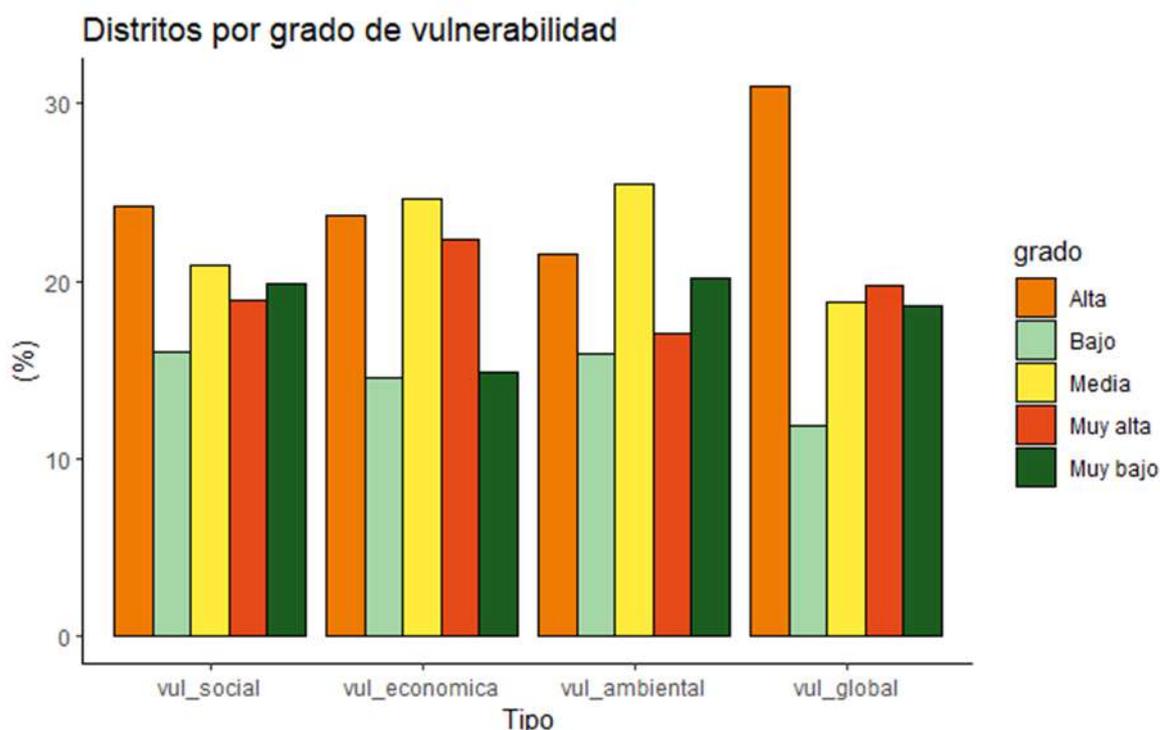


Figura 10. Porcentaje de distritos por grado de vulnerabilidad

4.3 Vulnerabilidad global a la sequía por regiones

Los resultados de la Figura 11, muestran los porcentajes de distritos con vulnerabilidad global según las regiones geográficas. En la Costa, el 43.07 % de los distritos presentan “Muy baja” vulnerabilidad, un 15.02 % con vulnerabilidad “Baja”, un 17.53 % con vulnerabilidad “Media”, un 15.9 % con vulnerabilidad “Alta” y 7.88 % de los distritos con “Muy alta” de vulnerabilidad a la sequía.

En cuanto a la sierra peruana, el 2.82 % de los distritos presentaron “Muy baja” vulnerabilidad, un 11.26% de vulnerabilidad “Baja”, 21.96 % “Media”, 42.23 % con Alta y 21.73 % con categoría “Muy alta”.

La región selva muestra un 3.31 % de distritos clasificados como categoría “Baja” en vulnerabilidad a la sequía, un 11.57 % en la categoría “Media”, un 35.95 % en la categoría “Alta” y un 49.17 % en la categoría “Muy alta” vulnerabilidad.

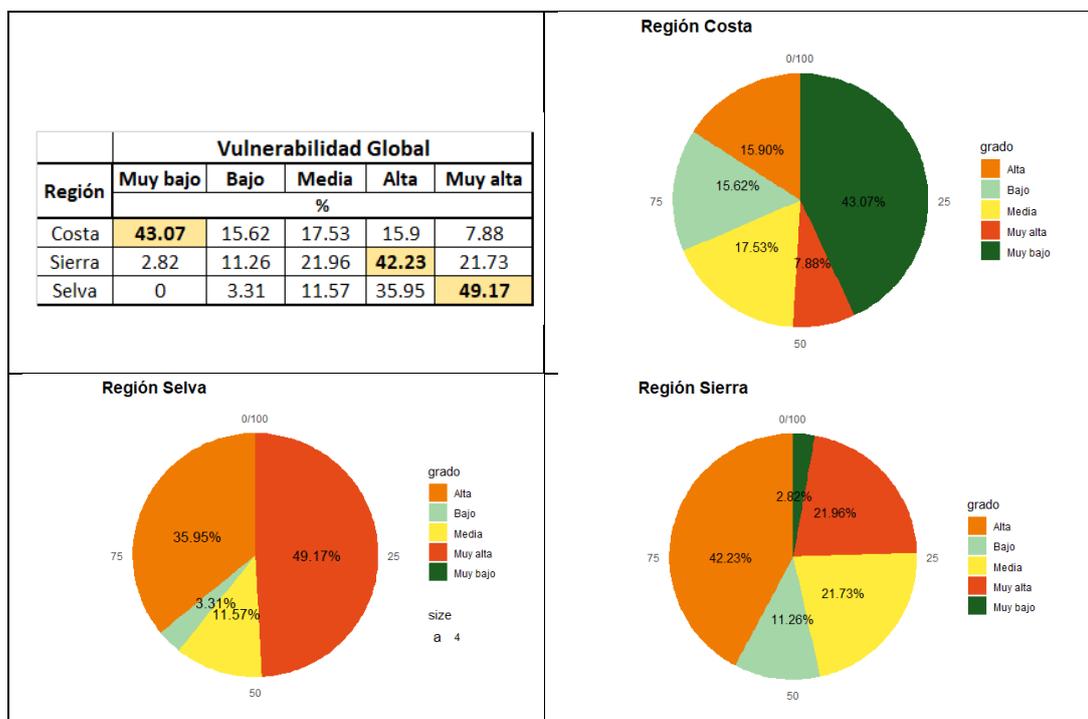


Figura 11. Vulnerabilidad global por regiones geográficas

4.4 Vulnerabilidad global a la sequía por departamentos

Los distritos en departamentos costeros con “Muy baja” vulnerabilidad tuvieron porcentajes más altos, oscilando entre el 32.53 % (La Libertad) y el 93.02 % (Ica) de vulnerabilidad a la sequía. La excepción fue Ancash, que registró el 8.42 % en la categoría “Muy baja”, siendo su mayor porcentaje en su categoría “Alta” con un 35.54 % de distritos vulnerables. La **Tabla 6**, proporciona una descripción detallada de las categorías por departamentos y el grado de vulnerabilidad global.

En cuanto a los departamentos de la sierra, aquellos con mayores porcentajes de distritos vulnerables se encuentran en las categorías “Alta” y “Muy alta”. Cajamarca y Huánuco presentaron un 44.88 % y 52.38 % de vulnerabilidad “Muy alta” respectivamente. Pasco registró un 48.28 %, Junín un 40.65 %, Huancavelica un 41 %, Ayacucho un 38.66 %, Apurímac un 46.43 %, Cusco un 42.86 % y Puno un 60 % de distritos vulnerables a la sequía en la categoría “Baja”. Para obtener mayor detalle consulta la **Tabla 7**.

Finalmente, en los departamentos de la selva peruana, se observaron mayores porcentajes de distritos en las categorías “Alta” y “Muy alta”. Loreto mostró un 75.47 % de vulnerabilidad “Muy alta”, mientras que Madre de Dios registró un 63.64 % de vulnerabilidad “Muy alta”. Para obtener más detalles, consulte la Tabla 8.

Tabla 6. Porcentaje de distritos vulnerables a la sequía en departamentos costeros

Nro.	Departamento	Grado de Vulnerabilidad (%)					Nro. Distritos
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	
1	TUMBES	61.54	30.77	7.69	0.00	0.00	13
2	PIURA	47.69	16.92	13.85	15.38	6.15	65
3	LA LIBERTAD	32.53	6.02	7.23	31.33	22.89	83
4	LAMBAYEQUE	81.58	10.53	2.63	0.00	5.26	38
5	ANCASH	8.43	13.25	25.30	35.54	17.47	166
6	LIMA	50.29	18.13	25.15	5.26	1.17	171
7	ICA	93.02	2.33	2.33	2.33	0.00	43
8	AREQUIPA	54.13	18.35	16.51	9.17	1.83	109
9	MOQUEGUA	40.00	40.00	20.00	0.00	0.00	20
10	TACNA	46.43	32.14	14.29	7.14	0.00	28

Tabla 7. Porcentaje de distritos vulnerables a la sequía en departamentos de la sierra

Nro.	Departamento	Porcentaje por departamento (%)					Nro. Distritos
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	
1	CAJAMARCA	0.79	4.72	17.32	32.28	44.88	127
2	HUÁNUCO	3.57	2.38	5.95	35.71	52.38	84
3	PASCO	0.00	3.45	17.24	48.28	31.03	29
4	JUNÍN	4.07	26.02	16.26	40.65	13.01	123
5	HUANCAVELICA	1.00	10.00	29.00	41.00	19.00	100
6	AYACUCHO	5.88	22.69	32.77	38.66	0.00	119
7	APURÍMAC	0.00	5.95	45.24	46.43	2.38	84
8	CUSCO	6.25	10.71	23.21	42.86	16.96	112
9	PUNO	0.91	4.55	10.00	60.00	24.55	110

Tabla 8. Porcentaje de distritos vulnerables a la sequía en departamentos de la selva

Nro.	Departamento	Grado de Vulnerabilidad (%)					Nro. Distritos
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	
1	LORETO	0.00	0.00	3.77	20.75	75.47	53
2	AMAZONAS	0.00	2.38	8.33	40.48	48.81	84
3	SAN MARTIN	0.00	7.79	14.29	40.26	37.66	77
4	UCAYALI	0.00	0.00	29.41	23.53	47.06	17
5	MADRE DE DIOS	0.00	0.00	27.27	63.64	9.09	11

V. CONCLUSIONES

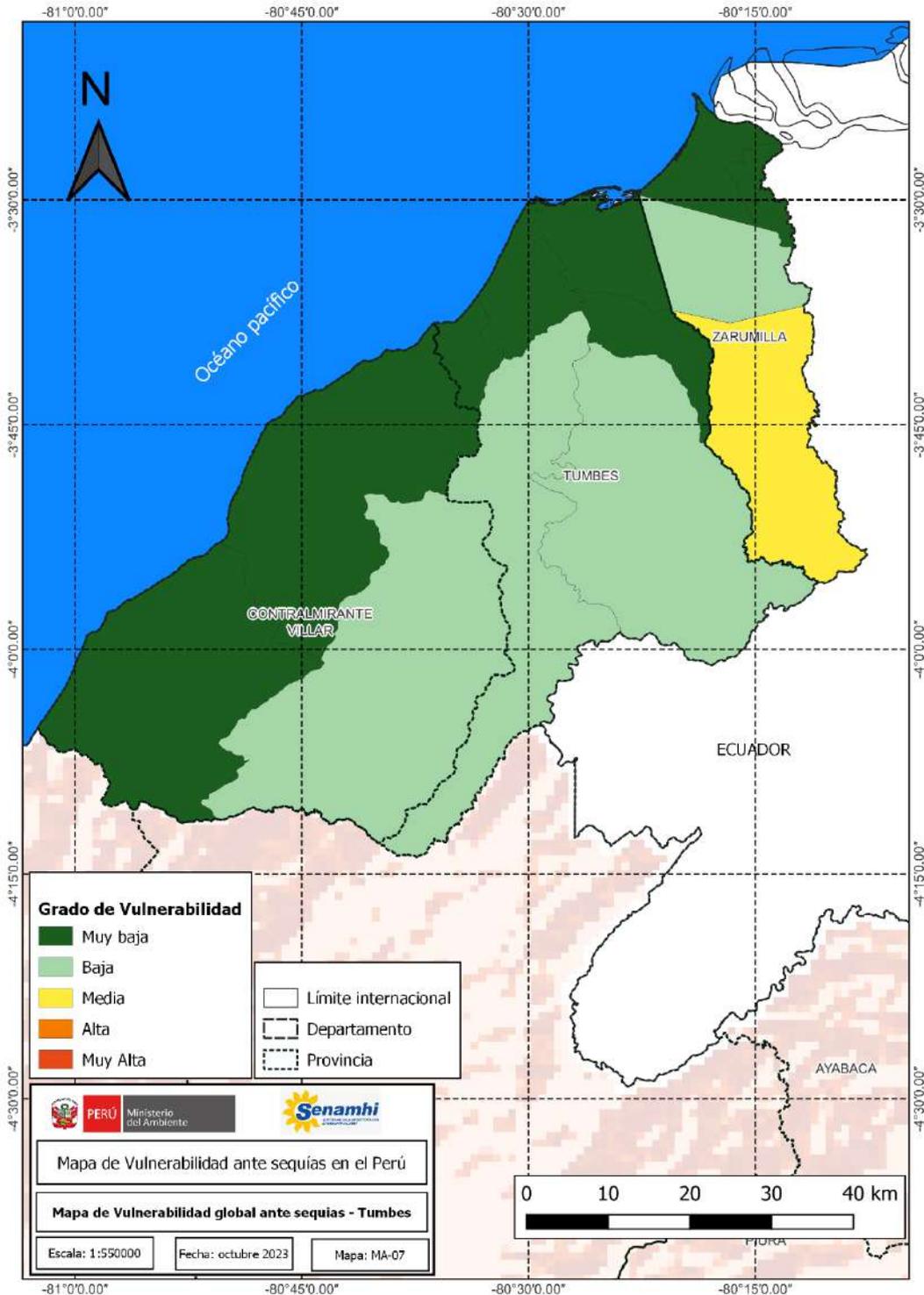
- El análisis de vulnerabilidad global proporciona una visión integral de los factores sociales, económicos y ambientales expuestos. La metodología empleada, que asigna pesos en función de la desviación estándar, se revela como un enfoque efectivo para identificar de manera precisa los indicadores de vulnerabilidad más prominentes. Para mayor detalle de los resultados visitar el siguiente link: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.7074593>
- La adaptación de la función de distribución de probabilidad *Beta* posibilita la clasificación del nivel de vulnerabilidad a la sequía en cinco categorías distintas: "Muy baja", "Baja", "Media", "Alta" y "Muy alta". Este enfoque se basa en un análisis objetivo que utiliza los percentiles, proporcionando así una evaluación precisa y cuantificable de los diferentes grados de vulnerabilidad.
- En resumen, los factores clave que influyen en la vulnerabilidad a la sequía, como el analfabetismo (aspecto social), la proporción de la población económicamente activa dedicada a actividades agropecuarias y ganaderas (aspecto económico) y el índice de aridez (aspecto ambiental), presentaron ponderaciones significativas, siendo 0.32, 0.60 y 0.75 respectivamente. En consecuencia, abordar de manera prioritaria estos elementos resulta fundamental para mitigar la vulnerabilidad global ante la sequía.
- Se evidencia que existen discrepancias significativas en los niveles de vulnerabilidad a la sequía entre distintas regiones. A nivel regional, se observa que los distritos costeros exhiben una vulnerabilidad "Baja" en la mayoría de distritos, mientras que los distritos situados en la sierra y selva peruana muestran niveles de vulnerabilidad "Alta" y "Muy alta". Estas áreas críticas destacadas demandan una atención particular en cuanto a la planificación y gestión de recursos hídricos, subrayando la necesidad de estrategias específicas para abordar sus desafíos particulares.
- En el análisis departamental, se destaca que La Libertad y Ancash presentaron los mayores porcentajes de distritos con "Alta" vulnerabilidad, registrando un 31.33 % y 35.54 %, respectivamente. En la región sierra, todos los departamentos exhiben más del 30 % de sus distritos con "Alta" y "Muy Alta" vulnerabilidad. Asimismo, en los departamentos de la selva peruana, como Amazonas, San Martín y Madre de Dios, se identifica un preocupante 40.48 %, 40.26 %, y 63.64 % de distritos clasificados como "Alta" vulnerabilidad. Estos datos resaltan la necesidad de acciones focalizadas y estratégicas en estas áreas para abordar eficazmente los desafíos asociados a la sequía.
- La mitigación de la vulnerabilidad a la sequía demanda la colaboración de una variedad de instituciones, que van desde gobiernos locales hasta organizaciones no gubernamentales y el sector privado, con especial énfasis en las instituciones

dedicadas a la gestión de riesgos de desastres. La coordinación eficaz entre estas entidades se revela como un elemento crucial para la implementación exitosa de soluciones integrales y sostenibles frente a este desafío.

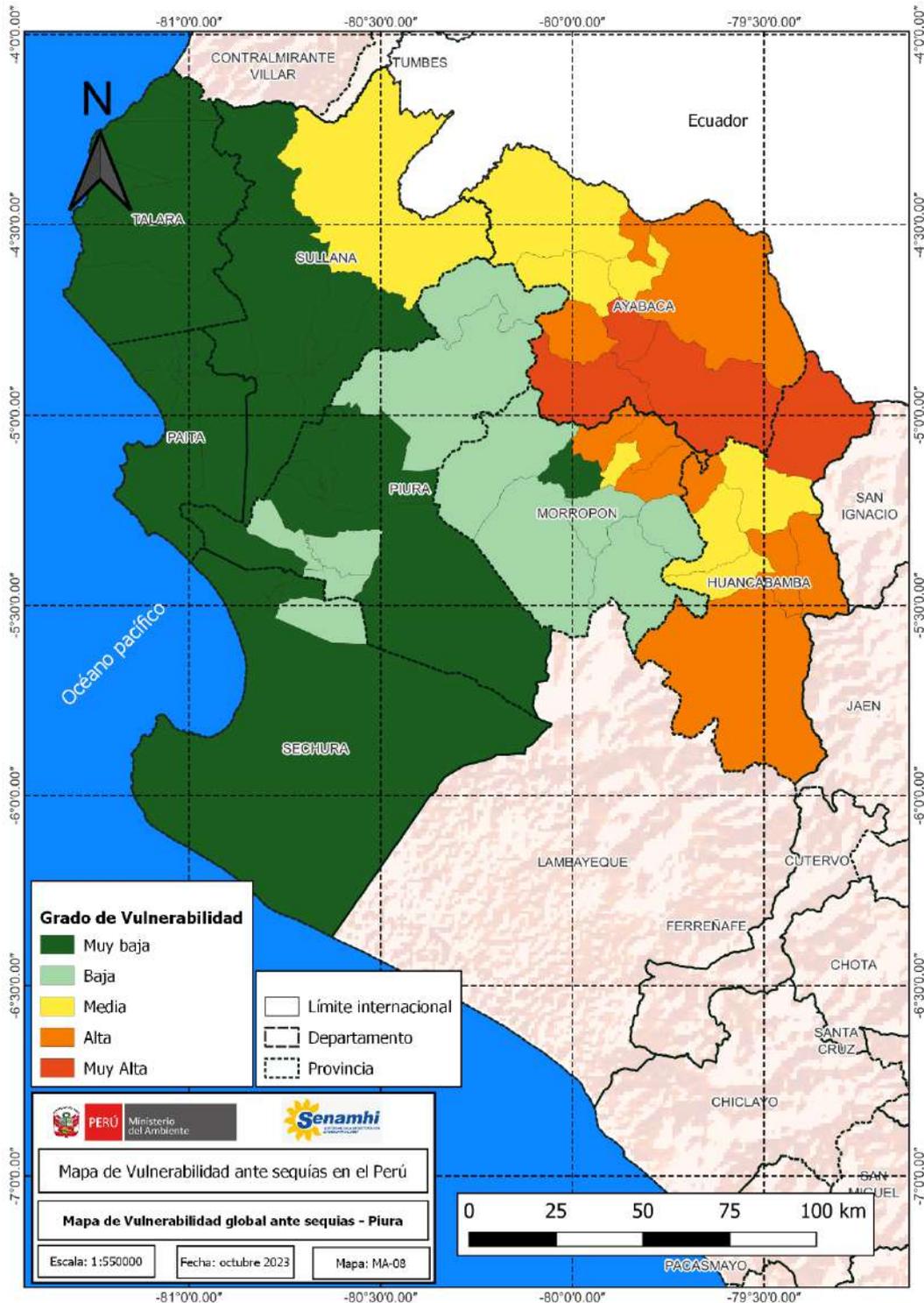
VI. RECOMENDACIONES

- Generar información de capacidad adaptación a la sequía: Las variables utilizadas en este trabajo tiene una componente de exposición y sensibilidad las cuales tiene una relación directa con la vulnerabilidad a la sequía. Sin embargo, para obtener el panorama completo de la vulnerabilidad en sus tres componentes es necesario generar información de capacidad adaptación, como los sistemas o población hacen frente a la sequía para reducir los impactos negativos.
- Desarrollar mapas de vulnerabilidad a la sequía para los 4 tipos de sequía: La sequía puede afectar a varios sectores económicos de manera significativa, ya que afecta la disponibilidad de agua y a los recursos relacionados a ella, así los sectores económicos como; energía, ganadería, industria, turismo, entre otros. pueden tener impactos negativos por la sequía. En este sentido, realizar mapas de distintos tipos de sequía meteorológica, agrícola, hidrológica y económica permiten a los tomadores de decisión tener un panorama más preciso del posible impacto de la sequía, con el objetivo de que los tomadores de decisión y las comunidades puedan implementar medidas de mitigación y adaptación para reducir los impactos económicos de la sequía.
- Priorizar estudios locales en los distritos con vulnerabilidad alta: Priorizar estudios locales de vulnerabilidad a la sequía es fundamental para comprender los impactos específicos que este peligro puede tener en una región, distrito o cuenca.
- Desarrollar escenarios de vulnerabilidad y riesgo a la sequía en un contexto de cambio climático: El desarrollo de escenarios de vulnerabilidad a la sequía y riesgo en un contexto de cambio climático implica la creación de escenarios futuros que integren las proyecciones climáticas, los impactos en el sistema hídrico, y las respuestas potenciales de las comunidades y sectores económicos.
- Generar repositorio de impactos a la sequía a nivel nacional: La creación de un repositorio de impactos de la sequía es crucial por varias razones, ya que proporciona información valiosa que puede utilizarse para la toma de decisiones, la planificación estratégica y la implementación de medidas de mitigación y adaptación. Asimismo, es útil para la definición de umbrales de categorías de sequía y evaluación de impactos.

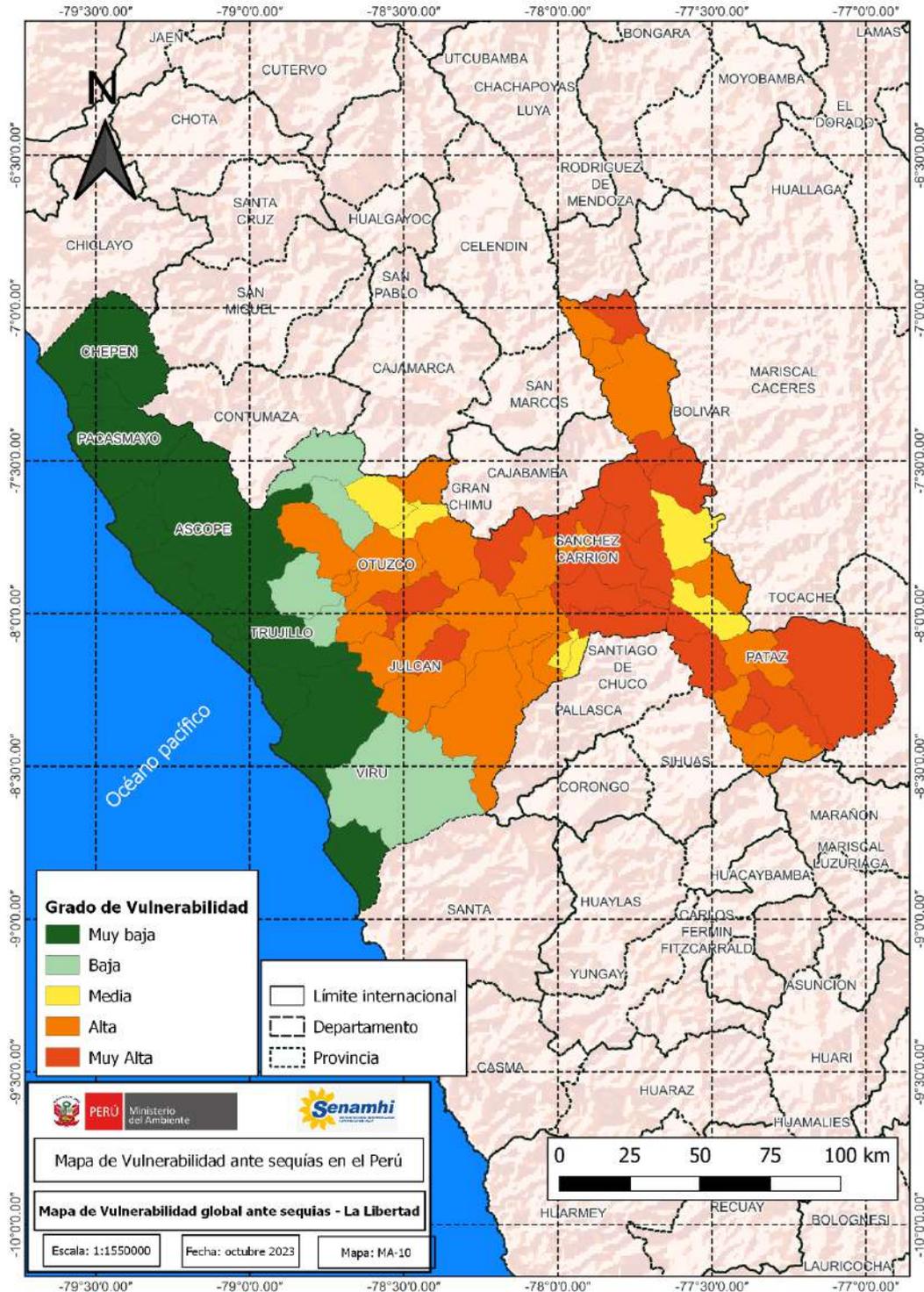
VII. MAPAS DE VULNERABILIDAD GLOBAL POR DEPARTAMENTOS



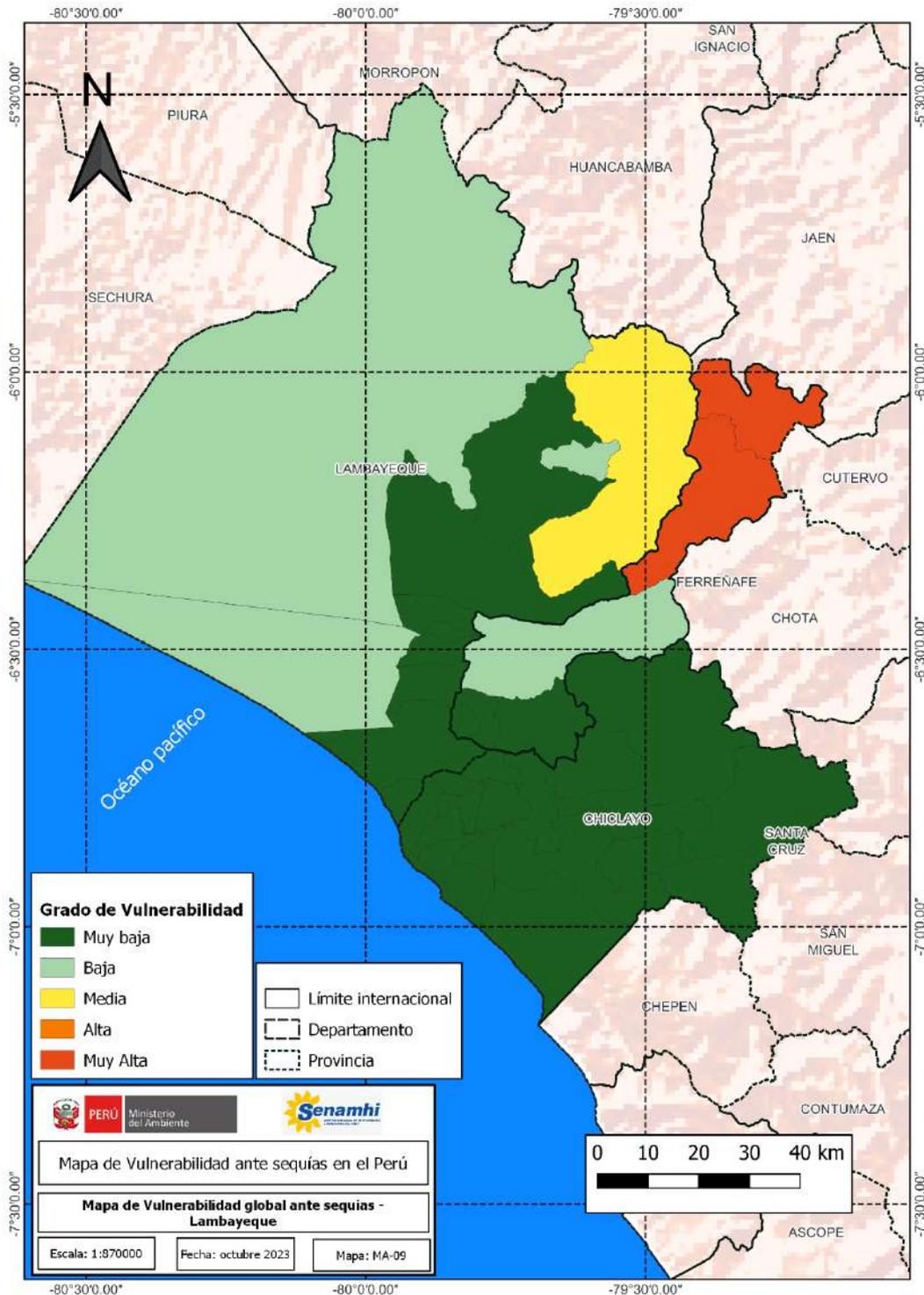
Mapa 1. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Tumbes



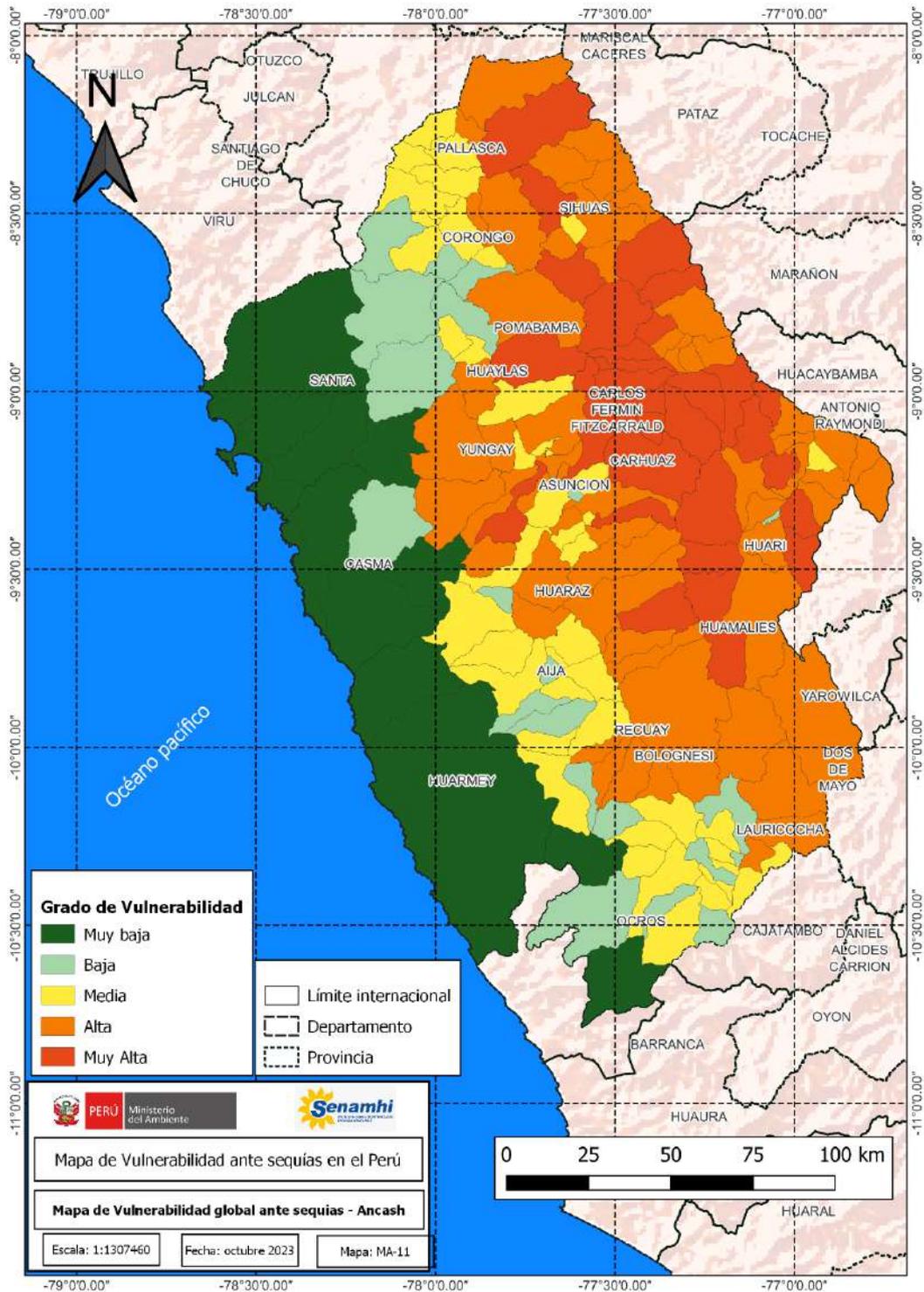
Mapa 2. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Piura



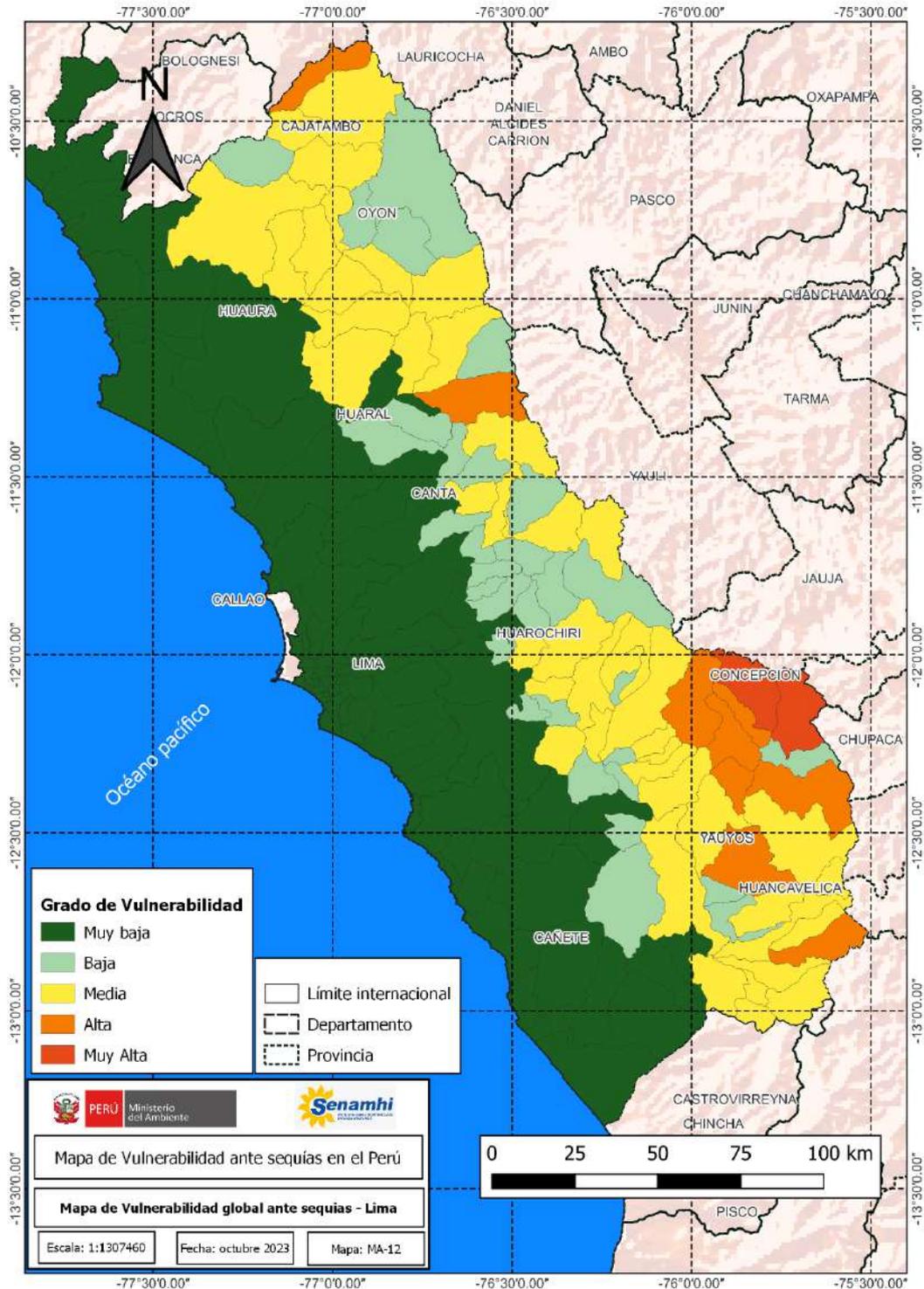
Mapa 3. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de La Libertad



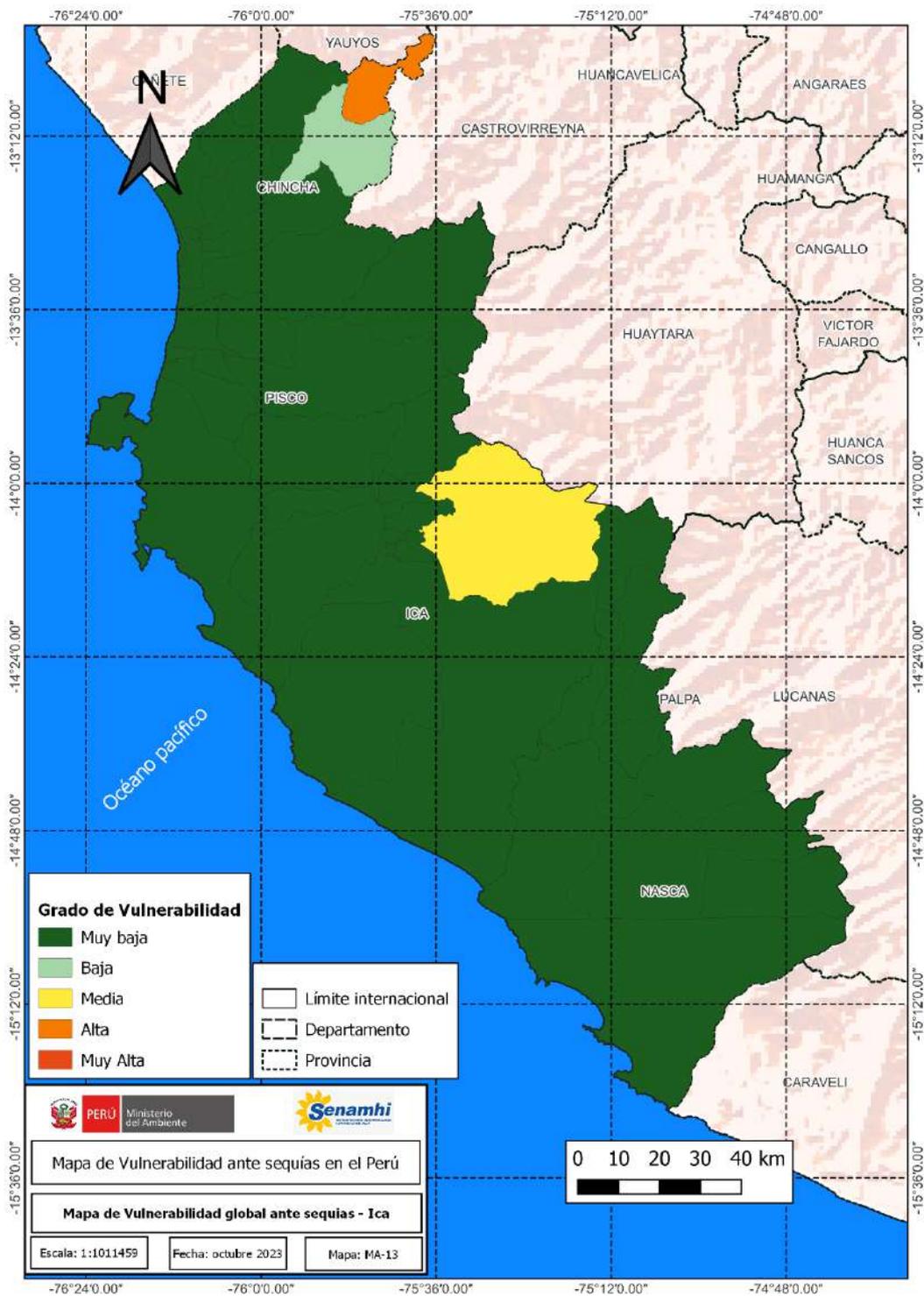
Mapa 4. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Lambayeque



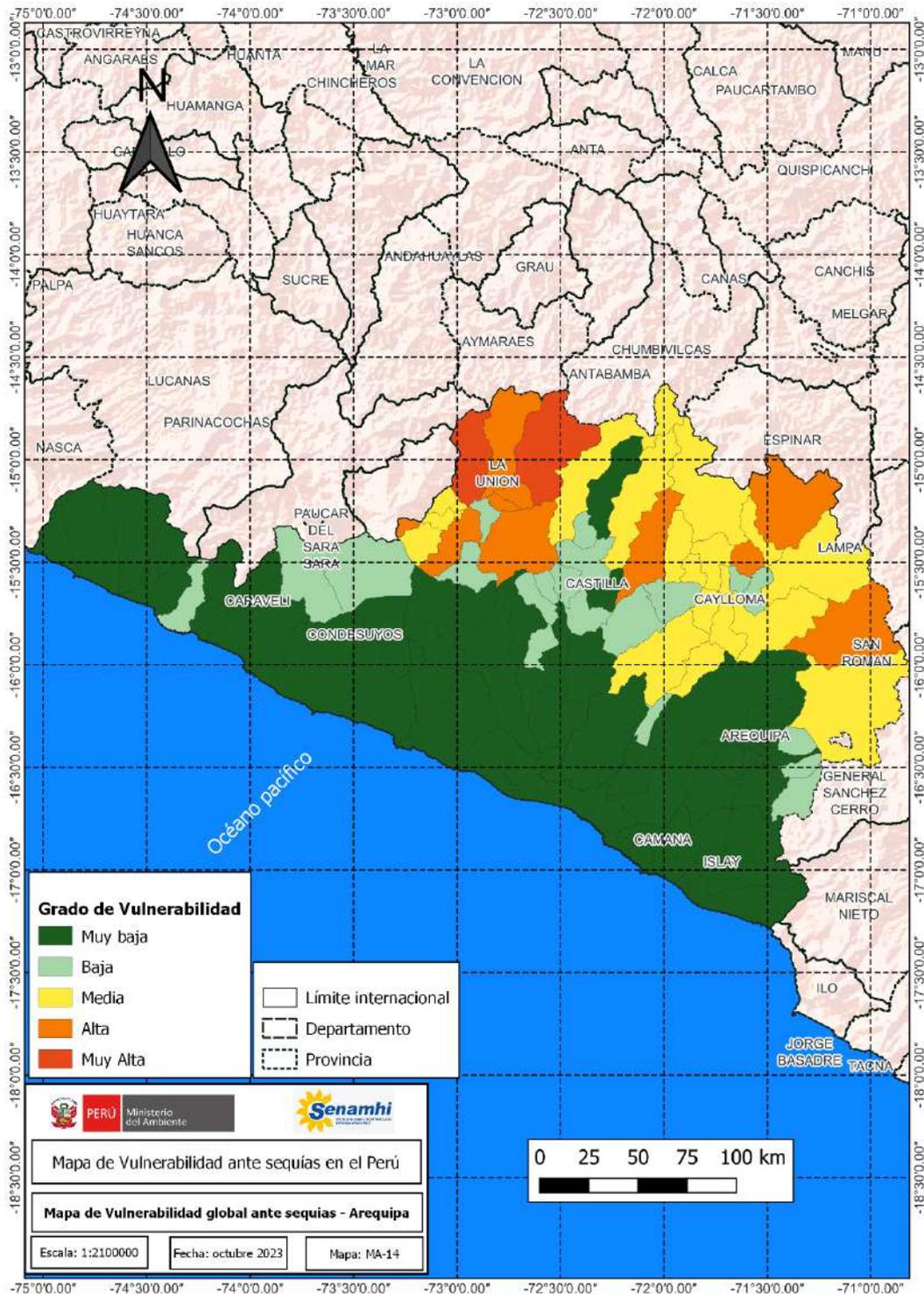
Mapa 5. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ancash



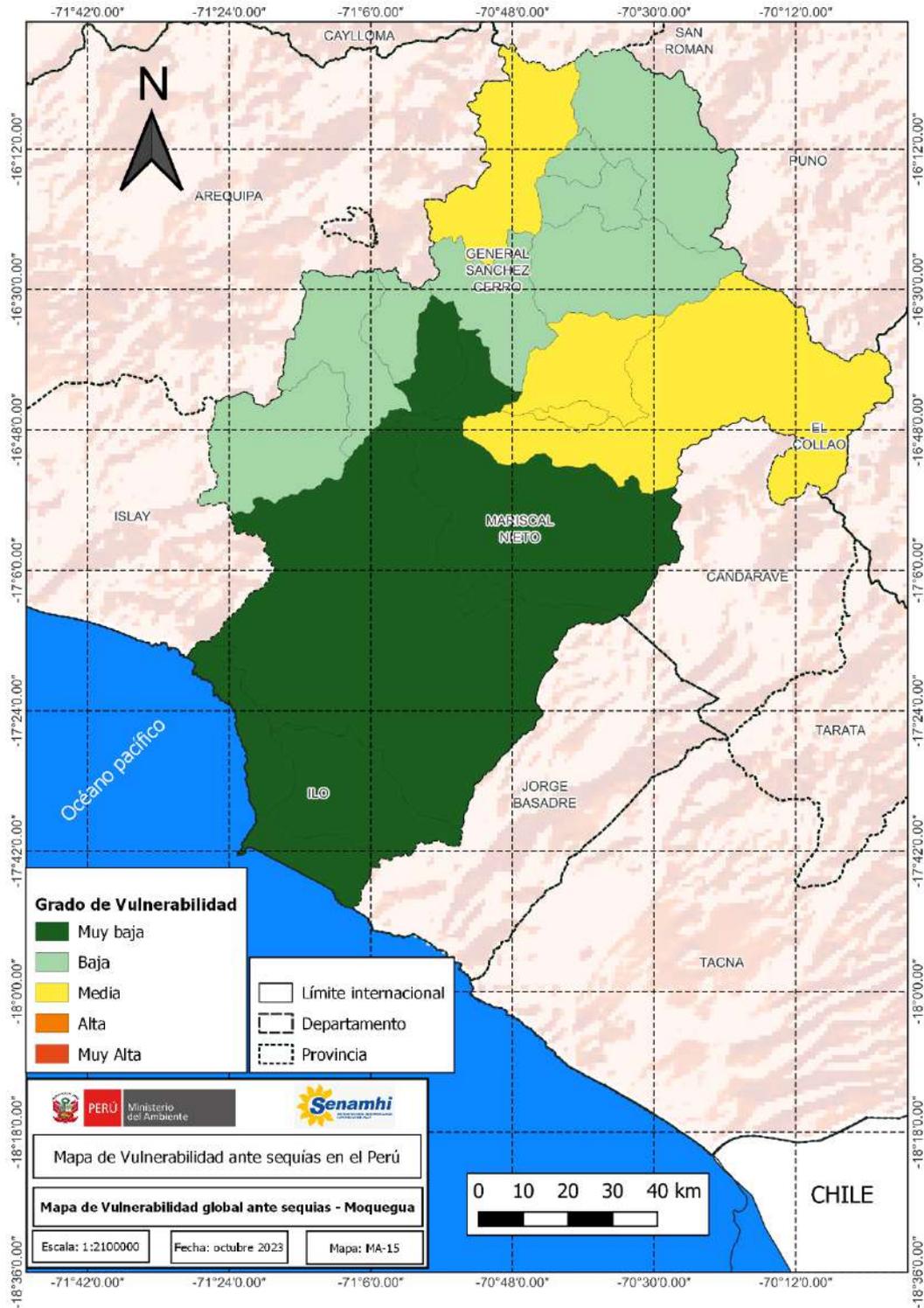
Mapa 6. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Lima



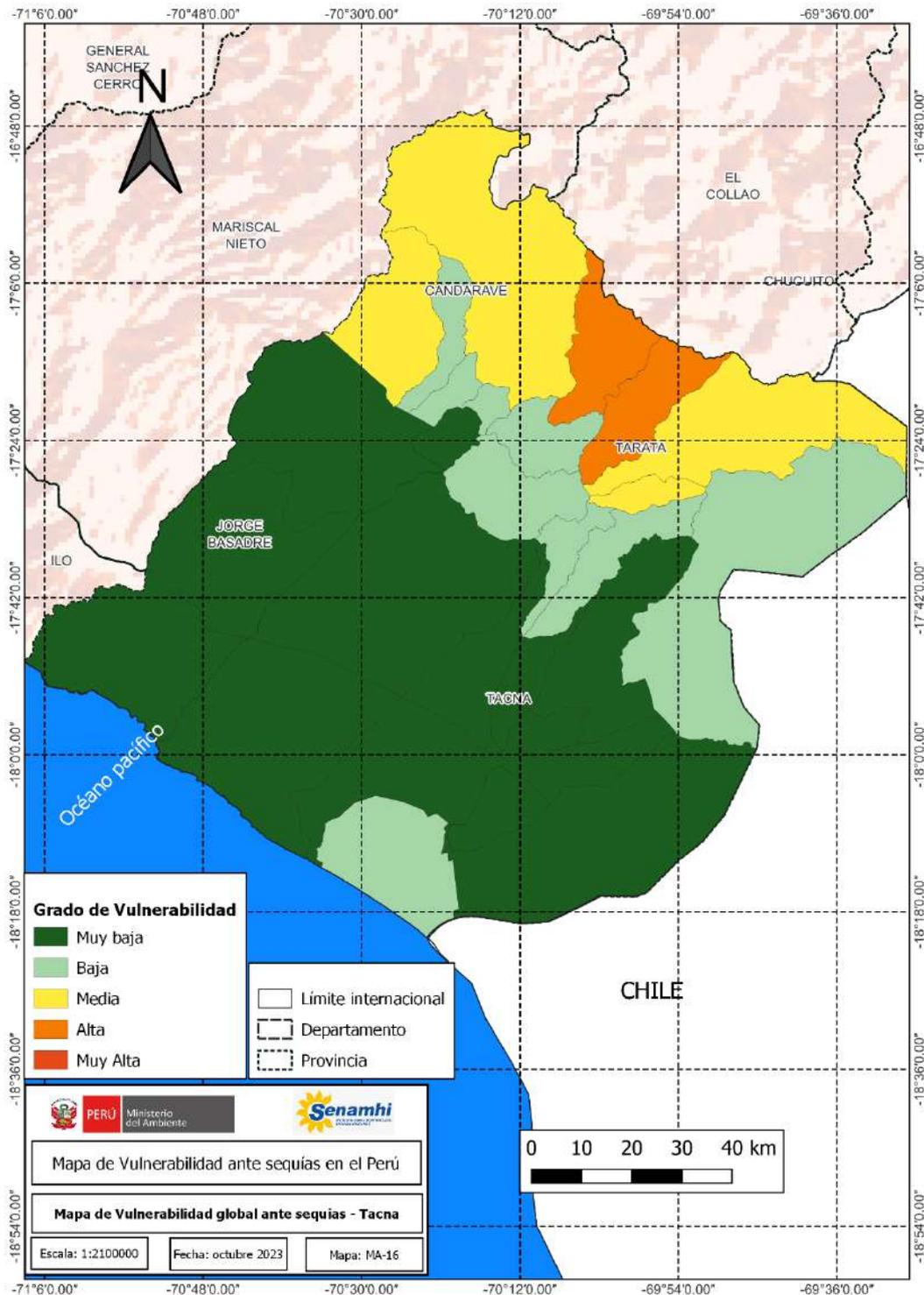
Mapa 7. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ica



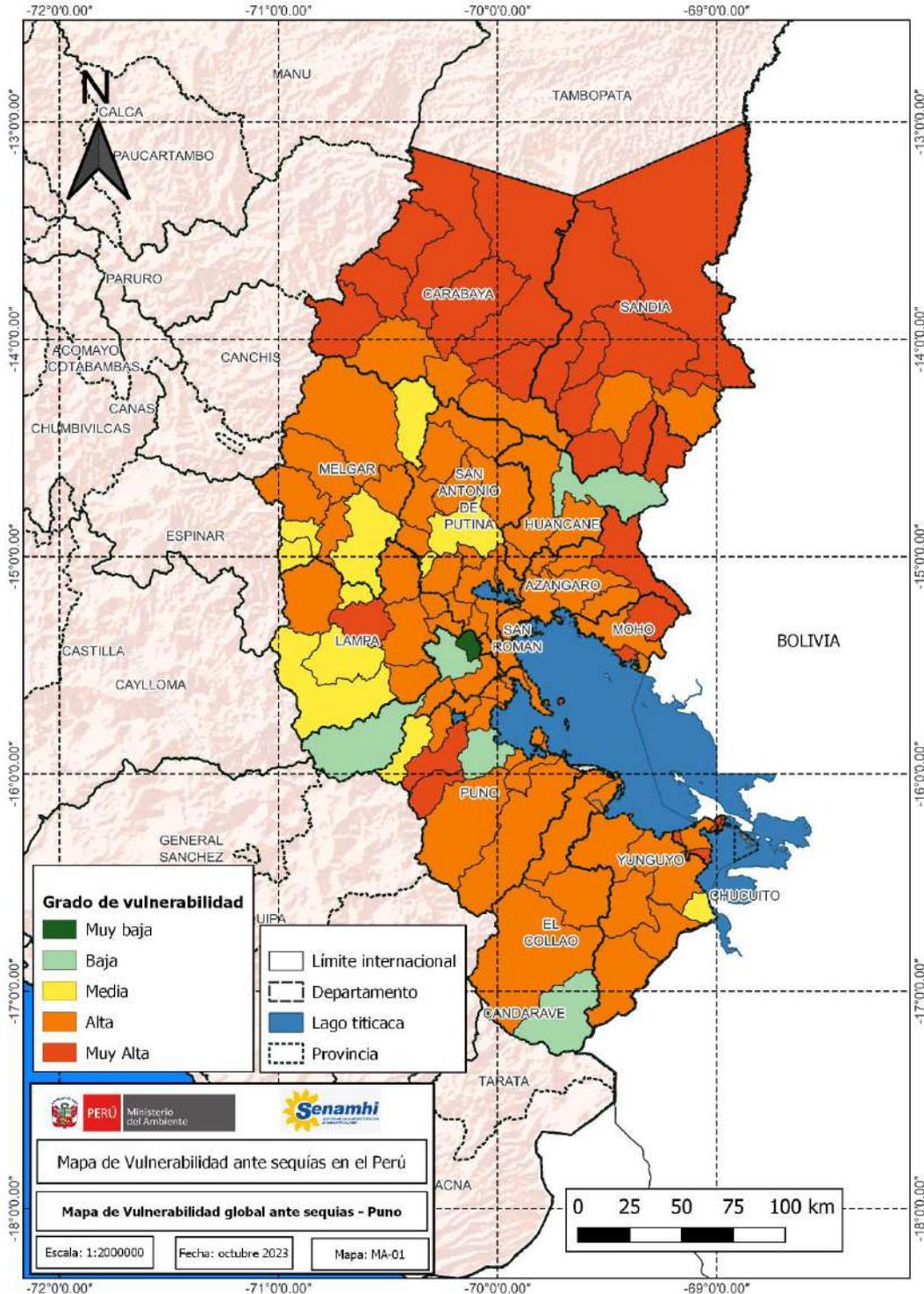
Mapa 8. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Arequipa



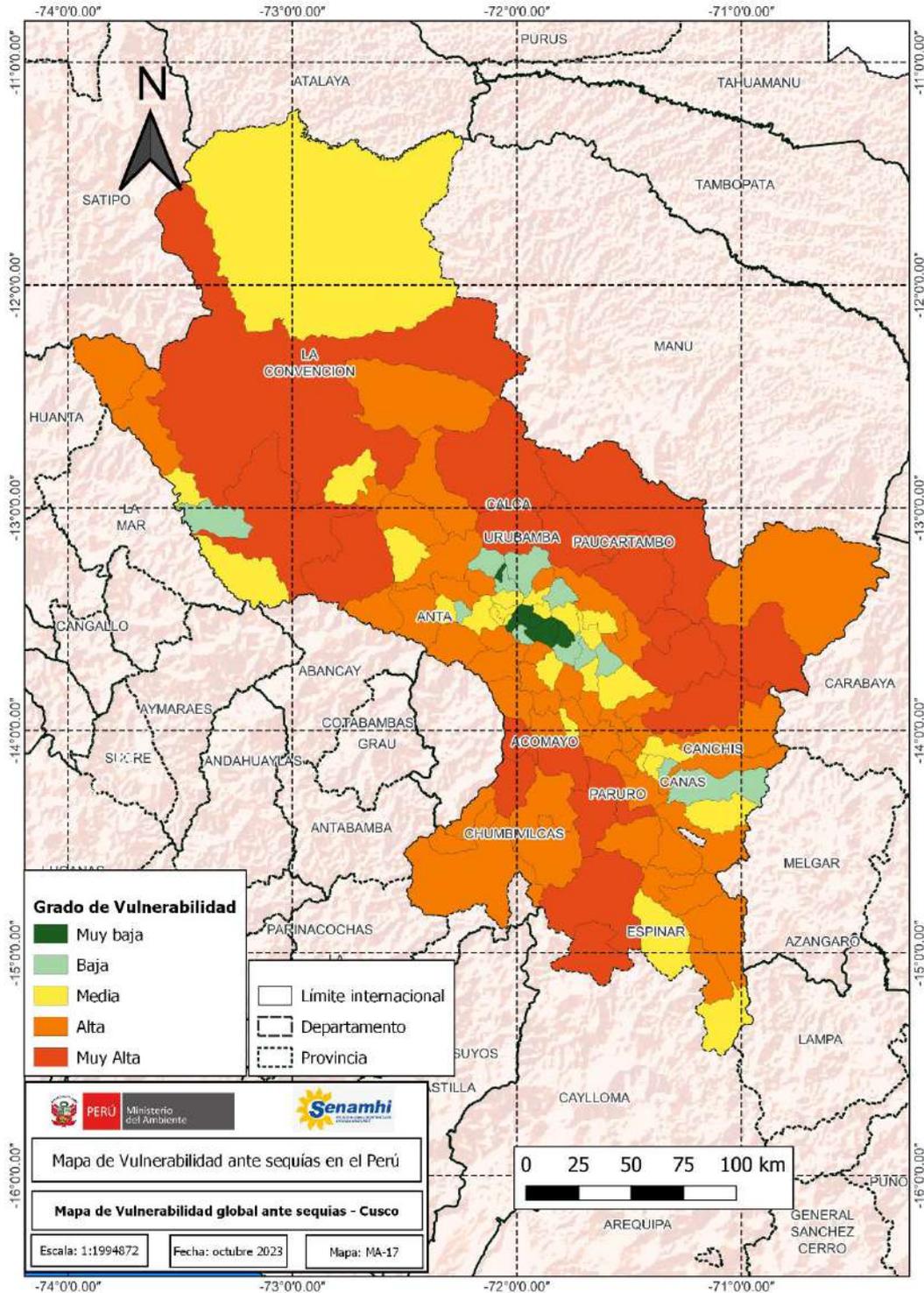
Mapa 9. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Moquegua



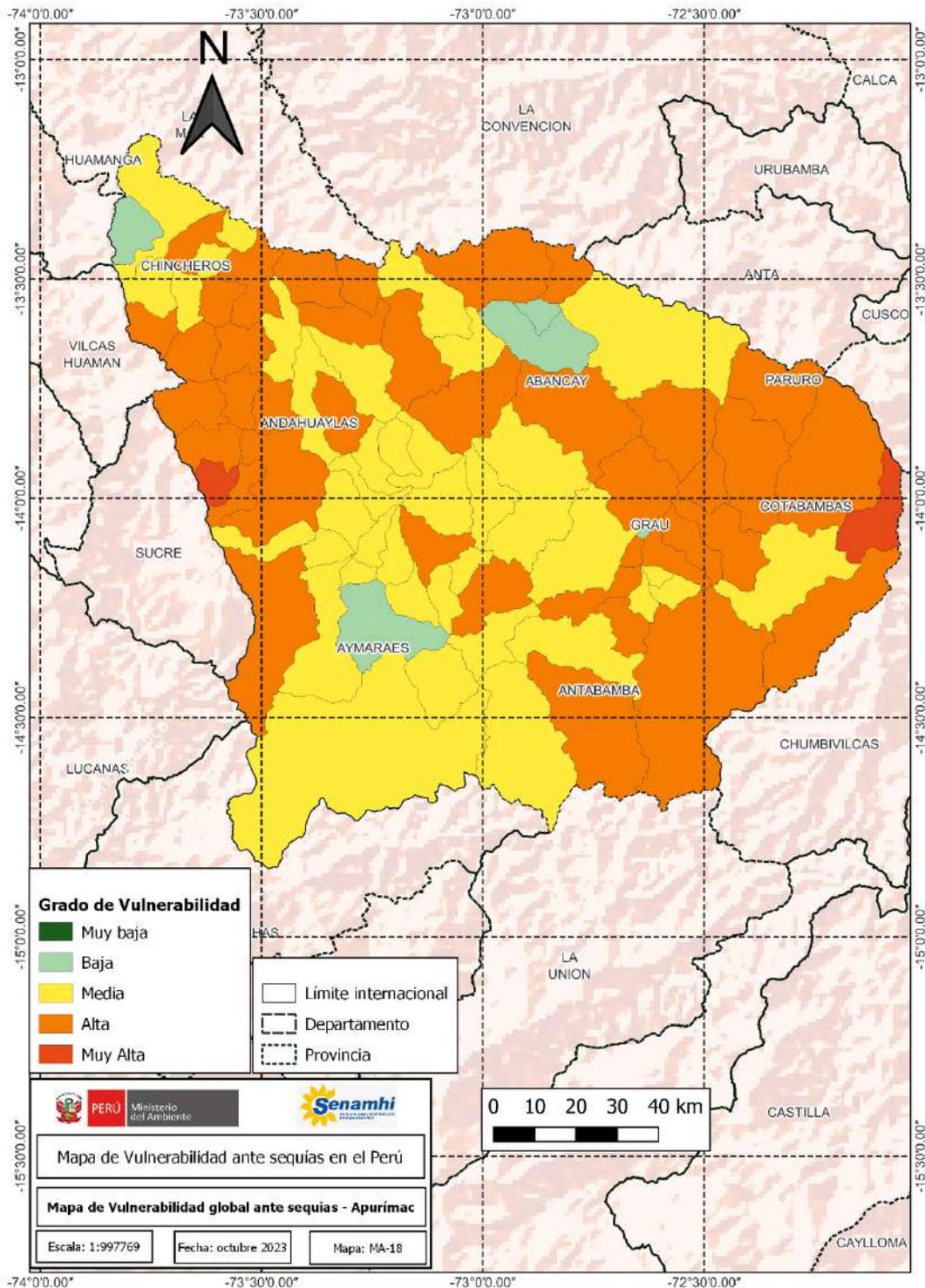
Mapa 10. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Tacna



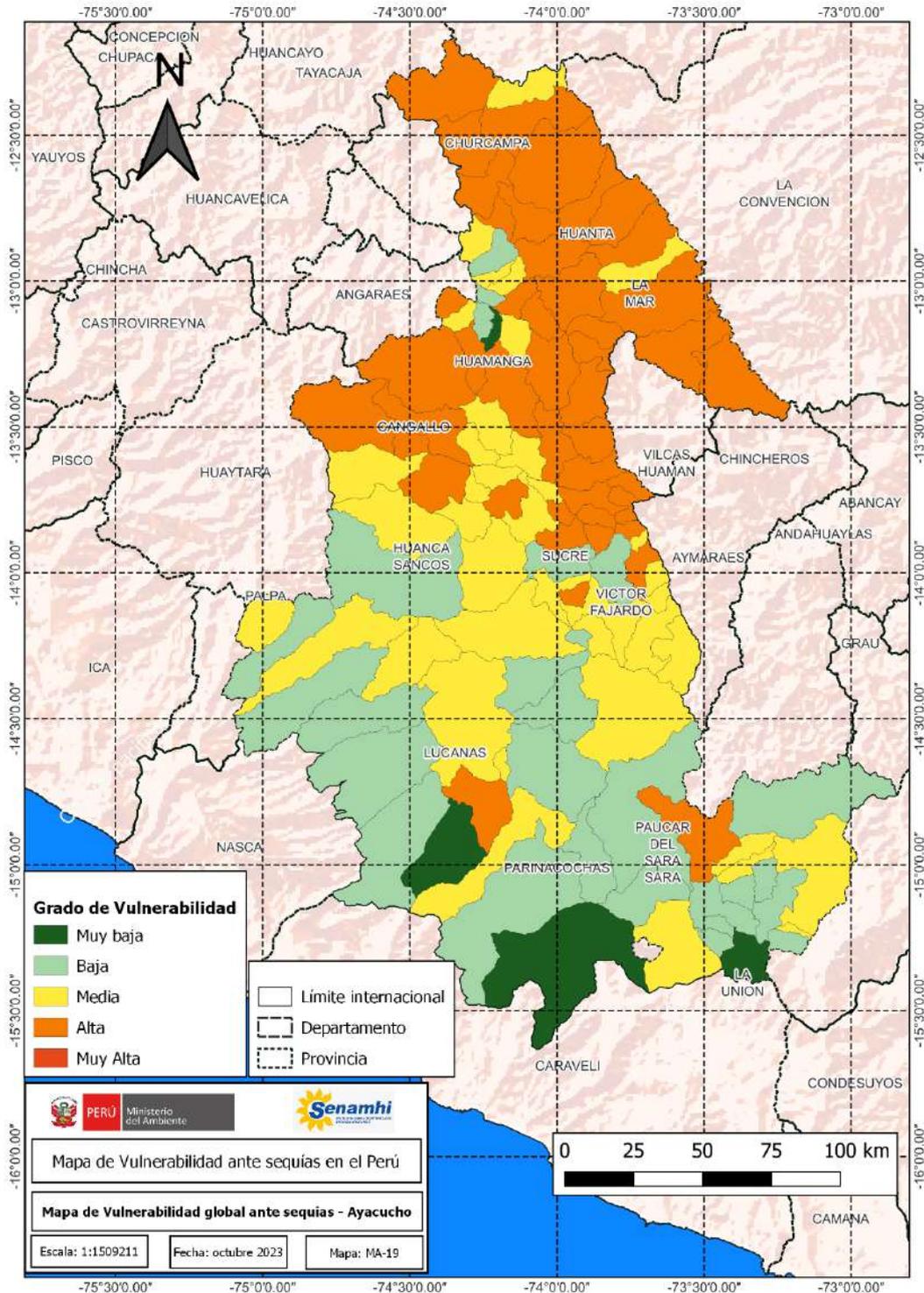
Mapa 11. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Tacna



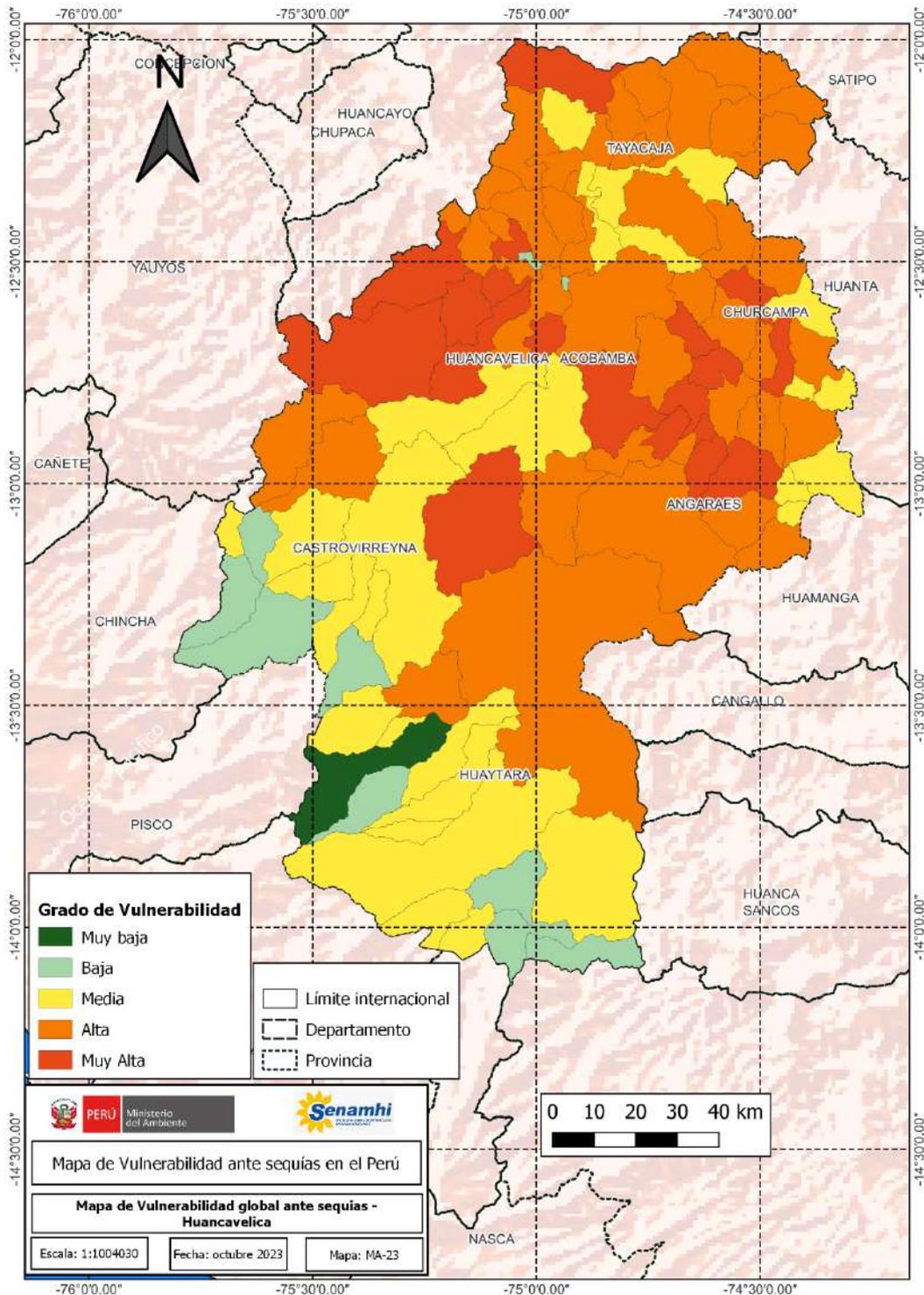
Mapa 12. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Cusco



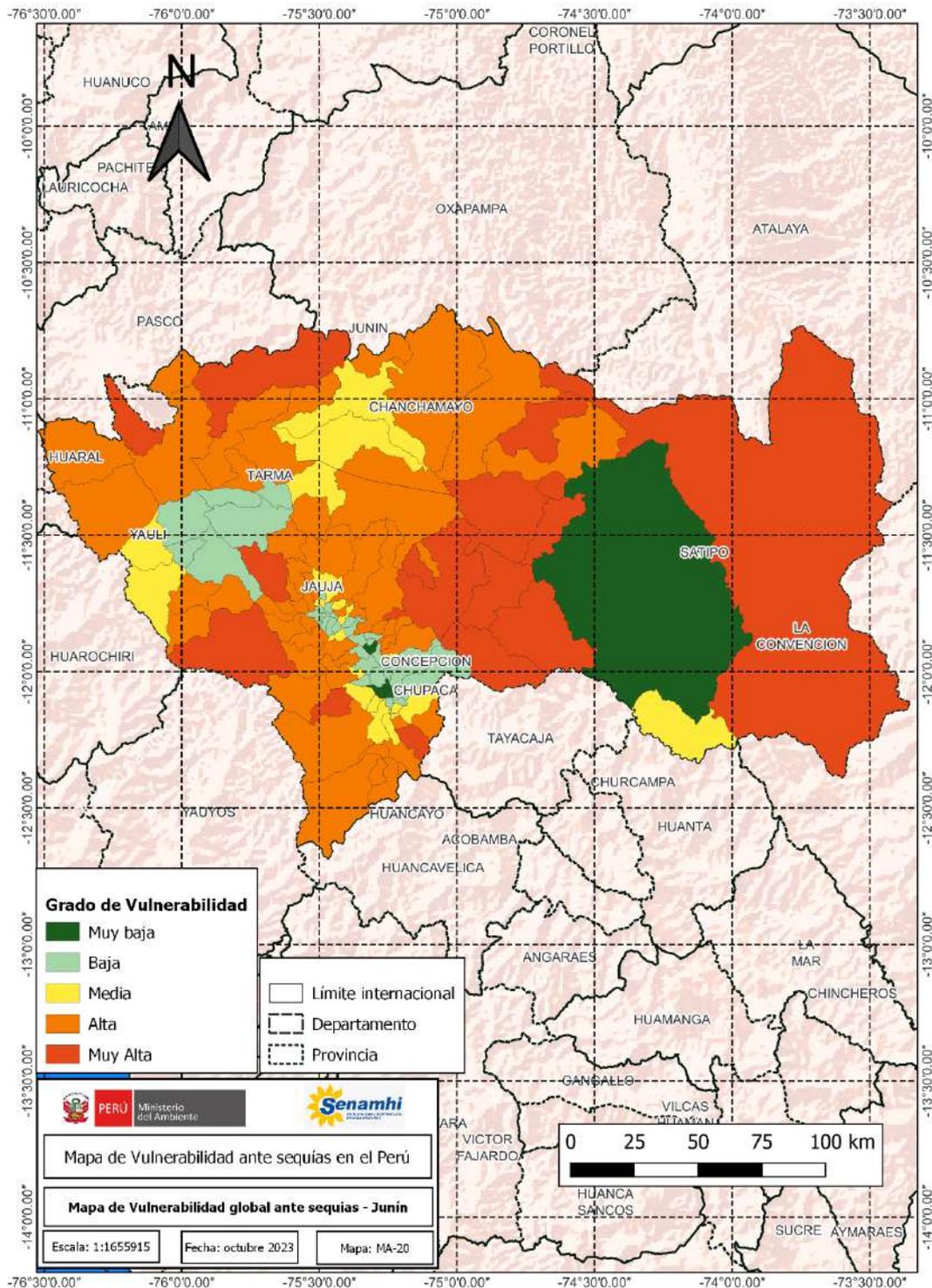
Mapa 13. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Apurímac



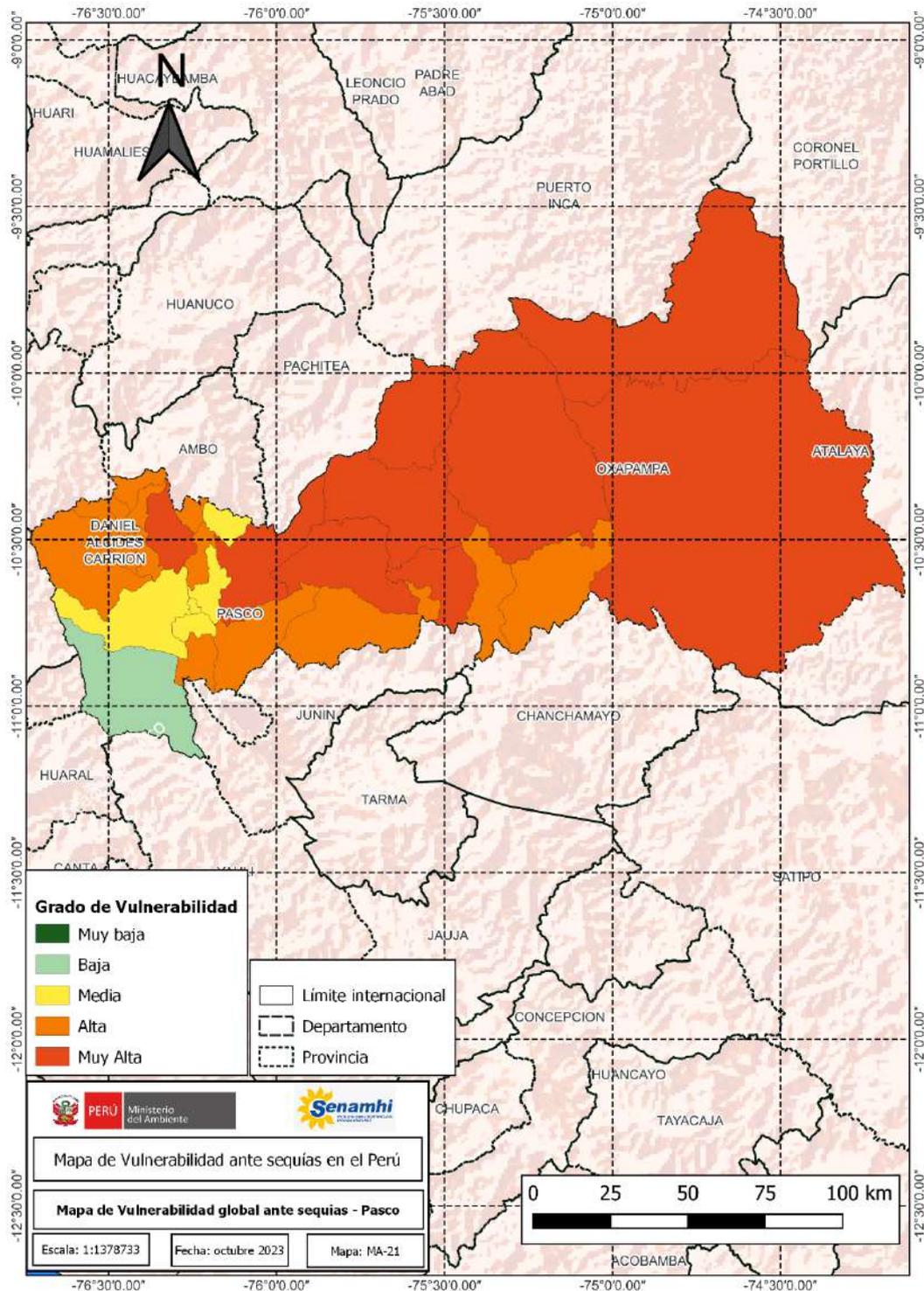
Mapa 14. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ayacucho



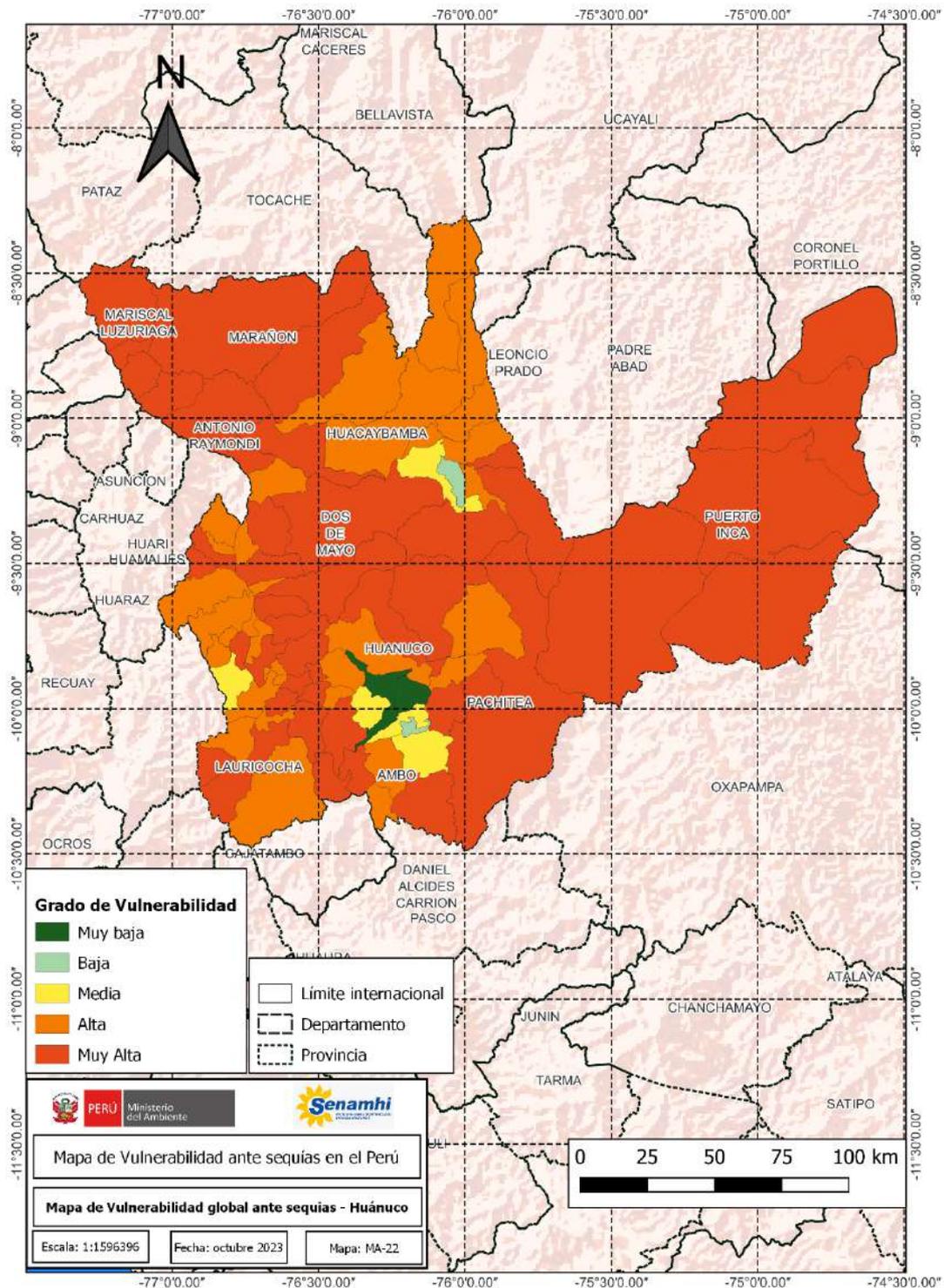
Mapa 15. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Huancavelica



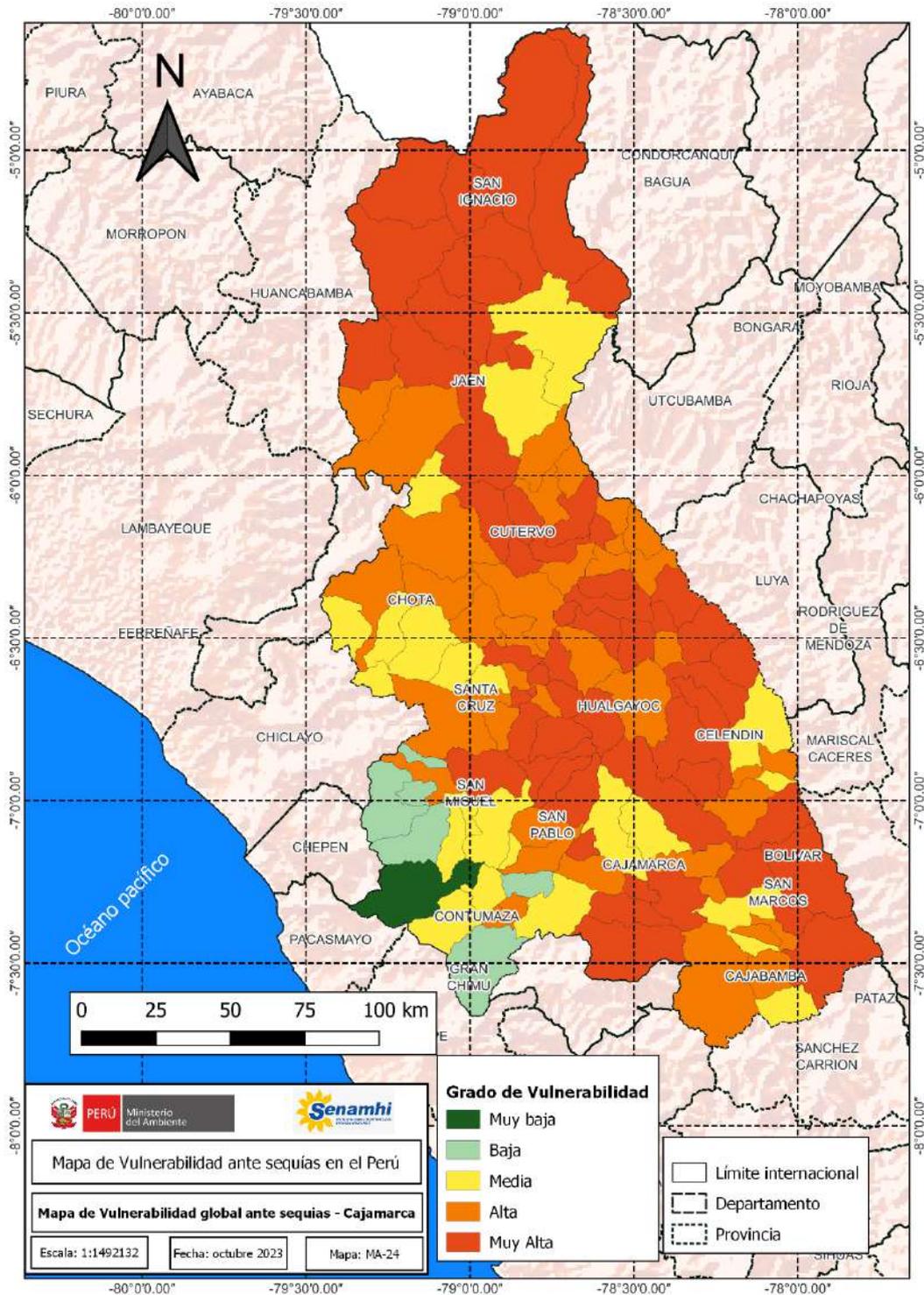
Mapa 16. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Junín



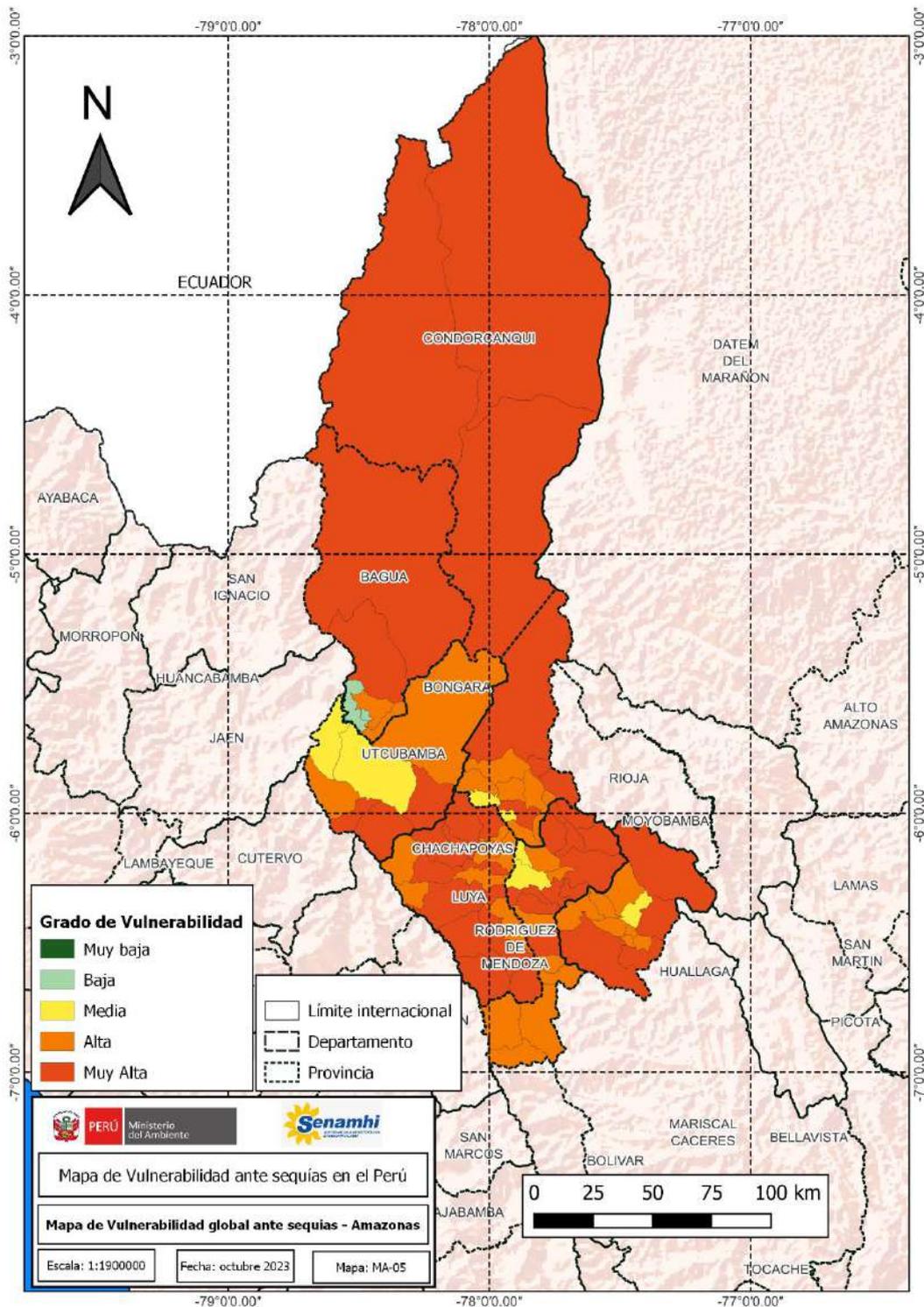
Mapa 17. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Apurímac



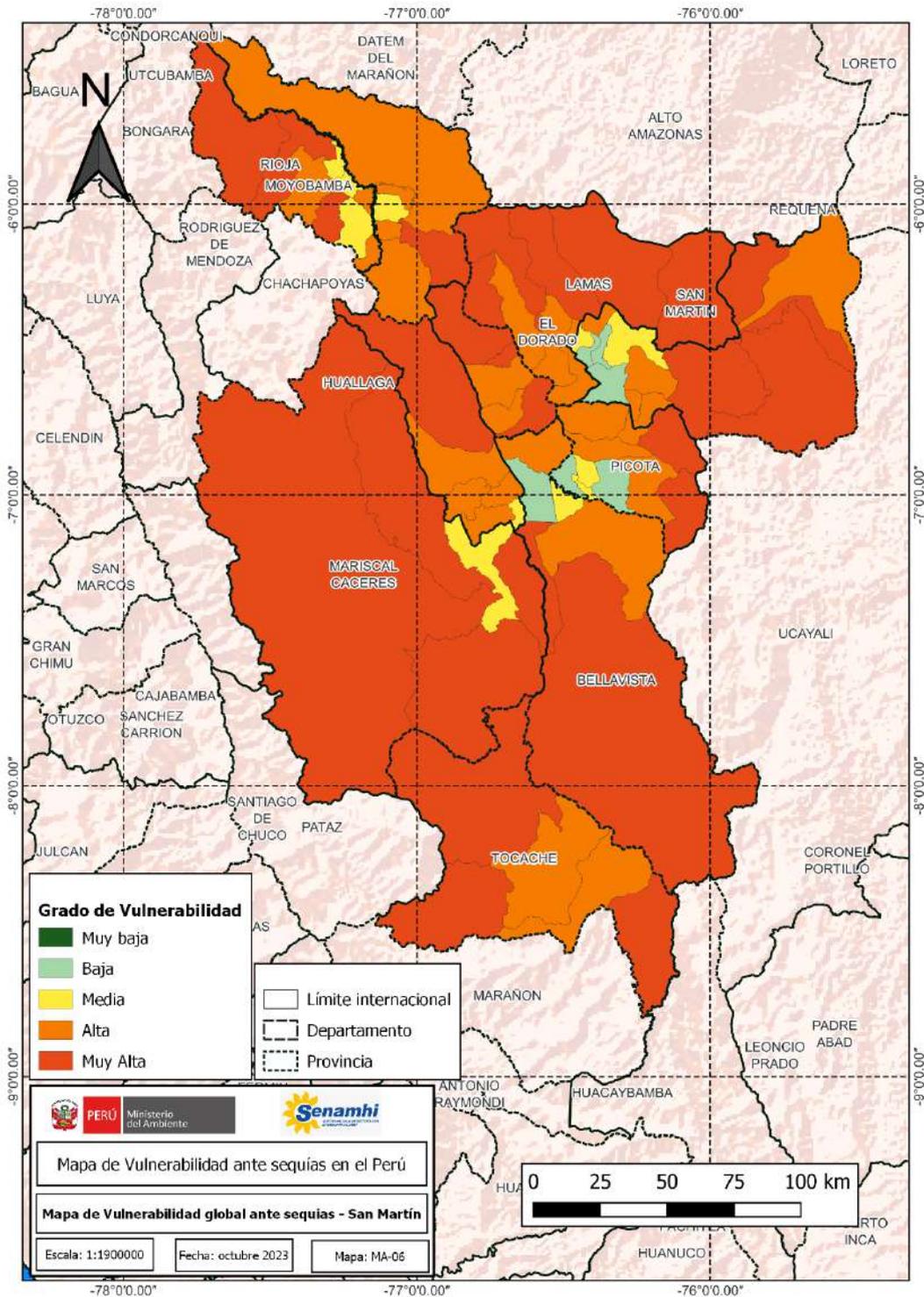
Mapa 18. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Huánuco



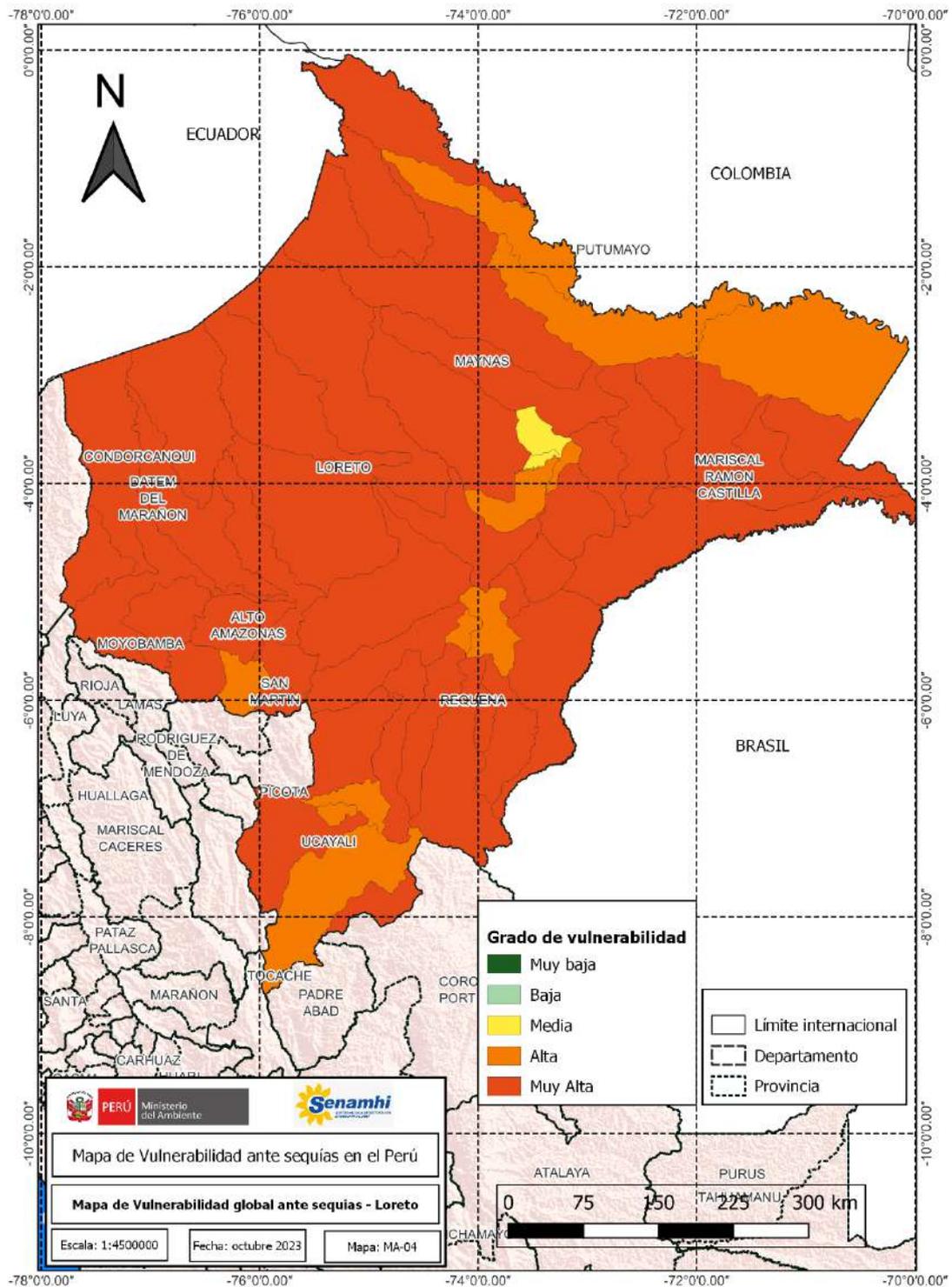
Mapa 19. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Cajamarca



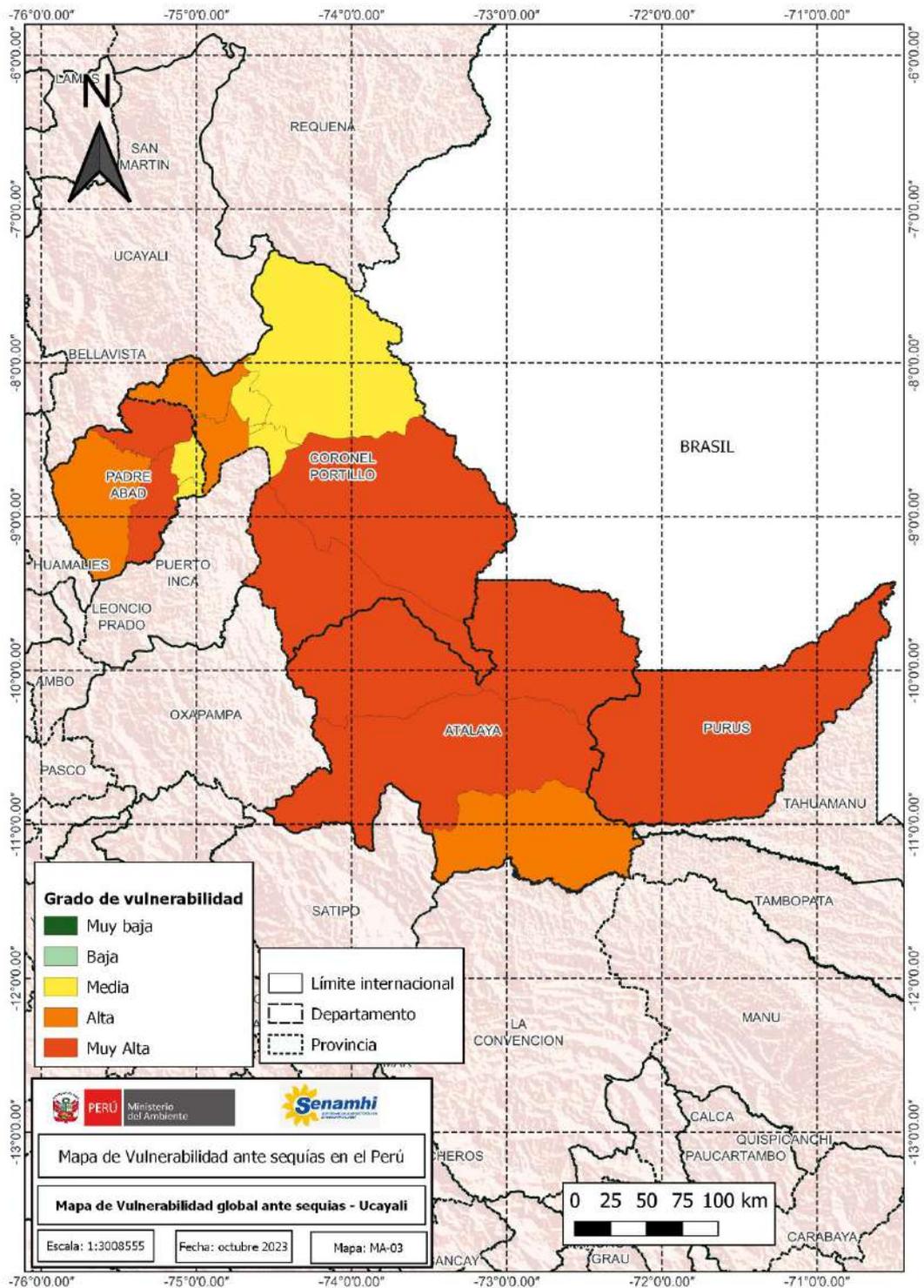
Mapa 20. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Amazonas



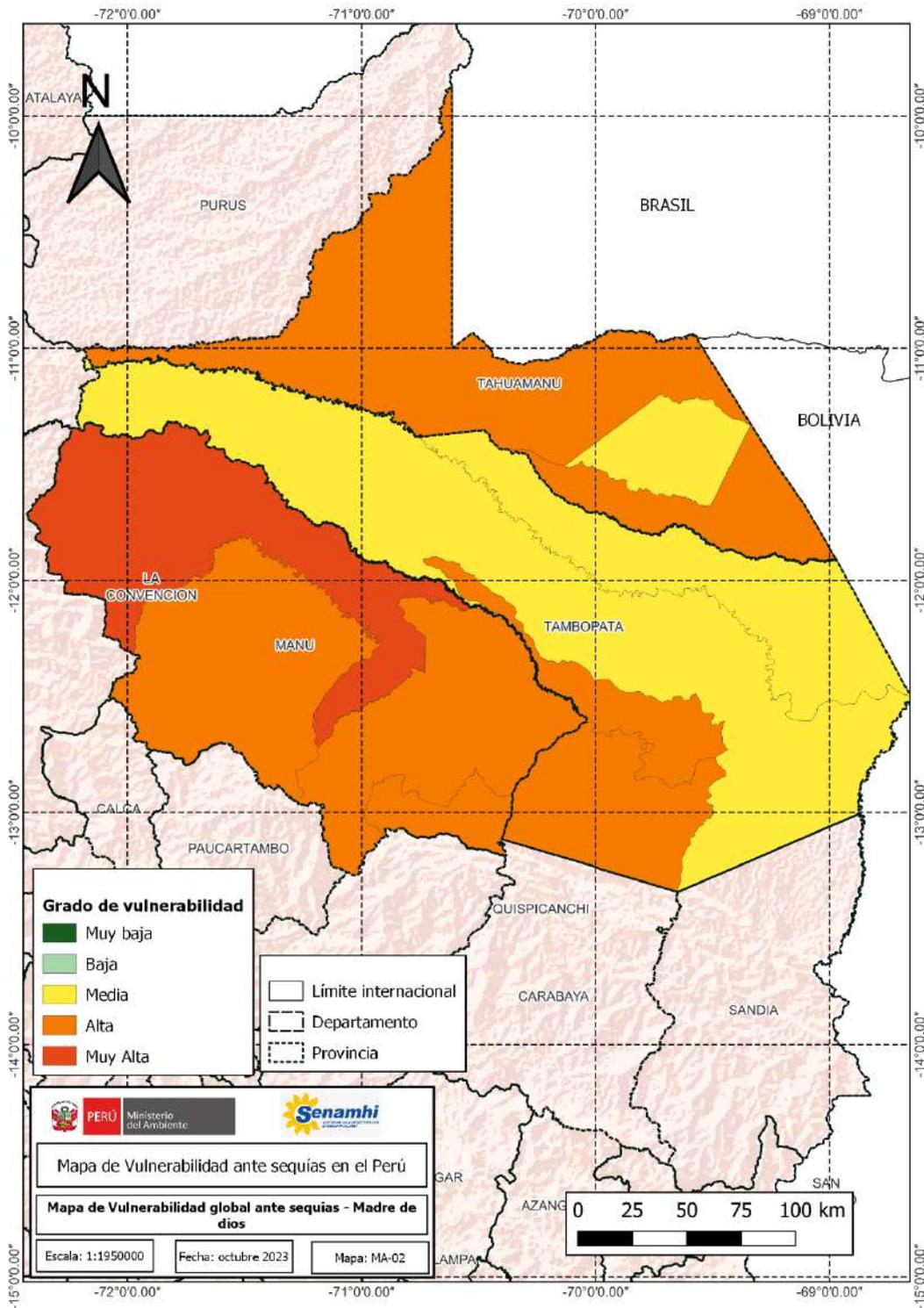
Mapa 21. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de San Martín



Mapa 22. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Loreto



Mapa 23. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Ucayali



Mapa 24. Vulnerabilidad global ante la sequía en el departamento de Madre de Dios

VII. REFERENCIAS

- Banco Central Reserva del Perú. (1982). Memoria 1982. Memorias. Recuperado a partir de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1982.pdf>
- CMRRD. (2004). Diagnóstico para la Estrategia Nacional de Reducción de Riesgos para el Desarrollo Volumen 1: Aspectos Físico Espaciales. Recuperado a partir de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA PUBLICAR/PCM/Diagnostico Estrategia Nacional de Reducción de Riesgos - Vol.1 Aspectos fisicos.pdf>
- CENEPRED (2022). Escenararios de riesgo por sequía meteorológica a nivel nacional, Lima, Perú. recuperado a partir de: https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14781_escenario-de-riesgo-por-sequias-meteorologicas-a-nivel-nacional.pdf
- Ortega D., Velasco I., De la CRUZ J., Castellano H. (2015). Metodología para el cálculo de índices de vulnerabilidad ante la sequía en los organismos de cuenca en México. XXVII Congreso latinoamericano de hidráulica lima, Perú, 28 al 30 de setiembre de 2016. recuperado a partir de https://www.researchgate.net/publication/309032675_Metodologia_para_calcular_indic_ es_de_vulnerabilidad_ante_la_sequia_en_los_Organismos_de_Cuenca_en_Mexico
- Endara S., Acuña J., Vega F., Febre C., Correa K., A. G. (2019). Caracterización espacio temporal de la sequía en los departamentos altoandinos del Perú. Lima, Perú: SENAMHI. Recuperado a partir de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-78.pdf>
- Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1995). Continuous Univariate Distributions (Vol. 2). Wiley.
- Ortega-Gaucin, D., de la Cruz Bartolón, J., & Castellano Bahena, H. (2018). Drought Vulnerability Indices in Mexico. En Water (Vol. 10, Issue 11, p. 1671). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/w10111671>
- SENAMHI. (2021h). Glosario de términos relacionados a sequías, gestión del riesgo y cambio climático. (Avalos G., K. Correa, K. Quevedo, C. Tello, S. Endara, J. Acuña, O. Varillas, G. Romero, K. Cristóbal). Proyecto Pachayatiña/Pachayachay. SENAMHI-HELVETAS- PREDES.
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). The Role of Definitions Understanding : the Drought Phenomenon : The Role of Definitions. Water.

ANEXO

Tabla A1. Glosario de términos

Término	Descripción	Fuente
Resiliencia o Capacidad de adaptación	Capacidad de las personas, familias, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como incrementar la capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres para protegerse mejor en el futuro.	Ley de N° 29667 SINAGERD (2011)
Exposición	Se genera por la relación no apropiada con el ambiente, a mayor exposición mayor vulnerabilidad, Se analizan las unidades sociales expuestas (la familia y las comunidades), unidades productivas (terrenos, zonas agrícolas, etc.), servicios públicos, infraestructura y otros elementos, que estén expuestos a peligros identificados.	Ley de N° 29667 SINAGERD (2011)
Fragilidad o sensibilidad	Indica las condiciones de desventaja o debilidad relacionadas al ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad, se analizan las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y en de origen interno.	Ley de N° 29667 SINAGERD (2011)
Peligro	Probabilidad de un fenómeno físico, potencialmente	Ley de N° 29667 SINAGERD (2011)

	<p>dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presenta en un lugar específico, con cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definido.</p>	
<p>Población económicamente activa (PEA)</p>	<p>Población apta para trabajar con edad mínima para laborar no menor de 14 años de edad (en el Perú), ofrecen la mano de obra disponible para productos y servicios durante un período de referencia.</p>	<p>INEI (2023)</p>
<p>Población económicamente activa ocupada (PEA_o)</p>	<p>Está constituida por las personas que, durante el período de referencia de la encuesta, estuvieron realizando una actividad para la producción de bienes y servicios. En el caso de trabajadores con remuneración, hasta que trabajen por lo menos una hora a la semana para ser considerados como ocupados, y en el caso de trabajadores familiares no remunerados este requisito es de por lo menos 15 horas a la semana.</p>	<p>INEI (2023)</p>
<p>Población económicamente activa desocupada (PEA_d)</p>	<p>Según la OIT (1983), los desocupados son todas aquellas personas, de uno u otro sexo, que durante el período de referencia cumple en forma simultánea con los tres requisitos siguientes: i) Sin empleo, es decir; que no</p>	<p>INEI (2023)</p>

	<p>tienen ningún empleo, como asalariado o como independiente. ii) Corrientemente disponible para trabajar, es decir; con disponibilidad para trabajar en un empleo asalariado o independiente, durante el período de referencia. iii) En busca de empleo, es decir; que habían tomado acciones concretas para buscar un empleo asalariado o independiente, en un período de referencia especificado. Este concepto abarca tanto a las personas que buscaron trabajo pero que trabajaron antes (cesantes), como a los que buscaron trabajo por primera vez (aspirantes).</p>	
Vulnerabilidad	Es la susceptibilidad de la población, estructura física o actividades económicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.	Ley de N° 29667 SINAGERD (2011)
Riesgo de desastre	Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro	CENEPRED (2023)