



CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL DEPARTAMENTO DE ÁNCASH

Diciembre 2023

<https://www.gob.pe/cenepred>

ESCENARIO DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL DEPARTAMENTO DE ÁNCASH

Elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Dirección de Gestión de Procesos. Subdirección de Gestión de la Información. CENEPRED, 2023.

Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima – Perú

Teléfono: 2013-550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe

Página web: <https://www.gob.pe/cenepred>

Equipo Técnico del CENEPRED:

Ing. Miguel Yamasaki Koizumi
Jefe del CENEPRED

Ing. Juan Carlos Montero Chirito
Director de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzales
Subdirector de Gestión de la Información

Equipo Técnico de la Subdirección de Gestión de la Información:

Geog. Vladimir Cuisano Marreros
Especialista en Análisis Territorial

Elaborado por:
Ing. (M.Sc.) Edwin Noé Badillo Rivera

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I - ASPECTOS GENERALES	7
1.1 Objetivo general	7
1.2 Objetivos específicos	7
1.3 Finalidad	7
1.4 Alcances	7
1.5 Marco normativo	7
CAPÍTULO II – SITUACIÓN GENERAL	9
2.1 Ubicación geográfica y política	9
2.2 Climatología	9
2.3 Aspectos sociales e infraestructura	16
2.3.1 Población	16
2.3.2 Vivienda	16
2.3.3 Infraestructura	17
2.3.3.1 Vías de comunicación	17
2.3.3.2 Aeropuertos y puertos	17
2.3.3.3 Instituciones educativas y establecimientos de salud	17
2.3.3.4 Recursos de respuesta a emergencias	18
2.3.5 Área e infraestructura agrícola	18
2.4 Fenomenología del territorio	18
CAPÍTULO III – METODOLOGÍA	22
3.1 Determinación del peligro	22
3.1.1 Susceptibilidad de movimientos en masa	22
3.1.1.1 Método heurístico	22
3.1.1.2 Susceptibilidad por movimientos en masa	22
3.1.2 Metodología para determinar el factor desencadenante y peligro por movimientos en masa	24
3.1.3 Equipos, softwares	25
3.1.4 Información usada	25
3.1.4.1 Escala de la información	25
a. Pendiente	26
b. Litología	28
c. Geomorfología	31
d. Hidrogeología	34
e. Cobertura vegetal y área degradada	36
f. Factor desencadenante	39
g. Inventario de fenómenos de movimientos en masa	42
3.2 Análisis de los elementos expuestos	44
3.3 Determinación de los escenarios de riesgo	47
3.3.1 Escenario de Riesgo 1	47
3.3.2 Escenario de Riesgo 2	48
CAPÍTULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIONES	50
4.1 Susceptibilidad por movimientos en masa	50
4.2 Peligro por movimientos en masa en ámbito departamental	52
4.2.1 Escenario 1 (E-1) – Fenómeno El Niño	52
4.2.2 Escenario 2 (E-2) – Precipitaciones máxima diarias bajo el P99	58
4.3 Análisis de los elementos expuestos	64
4.3.1 Centros Poblados	64

4.3.2	Distritos	66
4.4	Riesgo por movimientos en masa a nivel departamental	68
4.4.1	Escenario de Riesgo – 1	68
4.4.1.1	Centros Poblados	68
4.4.1.2	Distritos	71
4.4.1.3	Otros elementos expuestos	74
4.4.2	Escenario de Riesgo – 2	77
4.4.2.1	Centros Poblados	77
4.4.2.2	Distritos	80
4.4.2.3	Otros elementos expuestos	83
CAPÍTULO V – CONCLUSIONES		87
CAPÍTULO VI – RECOMENDACIONES		90
VII. BIBLIOGRAFÍA		92
VIII. ANEXOS		94
8.1	Nivel de exposición por centro poblado	94
8.2	Nivel de exposición por distrito	94
8.3	Exposición otros elementos expuestos	94
8.4	Niveles de peligro de centros poblados por Escenario-1 y Escenario-2	94
8.5	Niveles de peligro de distritos por Escenario-1	94
8.6	Niveles de peligro de distritos por Escenario-2	94
8.7	Comparación entre número de centros poblados y distritos bajo diferentes niveles de peligro	95
8.8	Comparación entre la superficie (km ²) expuestos a los diferentes niveles de peligro	96
8.9	Valor del área bajo la curva	96
8.10	Gráfico de bigotes	97
8.11	Niveles de Riesgo	97
8.11.1	Centro Poblado, Escenario-1 y 2	97
8.11.2	Distritos, Escenario-1 y 2	97
8.11.3	Instituciones educativas, Escenario-1 y 2	97
8.11.4	Establecimientos de salud, Escenario-1 y 2	97
8.11.5	Otras infraestructuras, Escenario-1 y 2	98
8.11.6	Recurso de respuesta a emergencia, Escenario-1 y 2	98
8.11.7	Aeródromos, Escenario-1 y 2	98
8.11.8	Red vial, Escenario-1 y 2	98
8.11.9	Superficie agrícola, Escenario-1 y 2	98
8.11.10	Resumen de otros elementos expuestos “Alto” y “Muy Alto”, Escenario-1 y 2	98
8.12	Información adjunta	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Provincias del departamento de Áncash	9
Tabla 2.	Clasificación Climática del departamento de Áncash	12
Tabla 3.	Viviendas particulares con ocupantes presentes	16
Tabla 4.	Longitud de vías	17
Tabla 5.	Otras infraestructuras	17
Tabla 6.	Aeropuertos y puertos del departamento de Áncash	17
Tabla 7.	Instituciones educativas	18
Tabla 8.	Establecimientos de salud	18
Tabla 9.	Recursos de respuesta a emergencia	18
Tabla 10.	Superficie agrícola	18

Tabla 11. Reporte de emergencias por fenómenos de origen natural en Áncash.....	19
Tabla 12. Daños por efectos del Fenómeno El Niño Costero 2017.....	21
Tabla 13. Factor desencadenante para determinar el peligro por movimientos en masa.....	24
Tabla 14. Equipos y software usados en el estudio.....	25
Tabla 15. Información usada en el estudio.....	26
Tabla 16. Rango de pendiente y susceptibilidad a movimientos en masa.....	26
Tabla 17. Unidades litológicas y susceptibilidad a movimientos en masa.....	28
Tabla 18. Unidades geomorfológicas y susceptibilidad a movimientos en masa.....	32
Tabla 19. Unidades hidrogeológicas y susceptibilidad a movimientos en masa.....	34
Tabla 20. Unidades de cobertura vegetal y área degradada y susceptibilidad a movimientos en masa.....	36
Tabla 21. Factor desencadenante y peso asignado a cada rango de anomalía para el Escenario- 1.....	39
Tabla 22. Factor desencadenante y peso asignado a cada rango de anomalía para el Escenario- 2.....	39
Tabla 23. Niveles de exposición de centros poblados y distritos.....	45
Tabla 24. Tabla resumen de elementos expuestos.....	46
Tabla 25. Niveles de Riesgo, Escenario 1.....	47
Tabla 26. Nivel de Riesgo para el elemento expuesto distritos.....	47
Tabla 27. Niveles de Riesgo, Escenario 2.....	48
Tabla 28. Nivel de Riesgo para el elemento expuesto distritos.....	48
Tabla 29. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa por factores condicionantes.....	50
Tabla 30. Niveles de peligro por movimientos en masa en el ámbito departamental.....	52
Tabla 31. Superficie expuesta al peligro por movimientos en masa en el departamento de Áncash.....	52
Tabla 32. Número de centros poblados y distritos por niveles de peligro a nivel provincial.....	55
Tabla 33. Niveles de peligro por movimientos en masa en el ámbito departamental.....	58
Tabla 34. Superficie expuesta al peligro por movimientos en masa en el departamento de Áncash.....	58
Tabla 35. Número de centros poblados y distritos por niveles de peligro a nivel provincial.....	61
Tabla 36. Nivel de exposición de centros poblados a nivel provincial.....	64
Tabla 37. Nivel de exposición a nivel provincial.....	66
Tabla 38. Escenario de Riesgo – 1 para los centros poblados en el nivel “Muy Alto” de riesgo.....	70
Tabla 39. Escenario de Riesgo – 1 para los centros poblados en el nivel “Alto” de riesgo.....	70
Tabla 40. Escenario de Riesgo – 1 para los distritos en el nivel “Muy Alto” de riesgo.....	73
Tabla 41. Escenario de Riesgo – 1 para los distritos en el nivel “Alto” de riesgo.....	73
Tabla 42. Nivel de riesgo “Muy Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 1 a nivel provincial.....	76
Tabla 43. Nivel de riesgo “Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 1 a nivel provincial... 76	76
Tabla 44. Escenario de Riesgo – 2 para los centros poblados en el nivel “Muy Alto” de riesgo.....	79
Tabla 45. Escenario de Riesgo – 2 para los centros poblados en el nivel “Alto” de riesgo.....	79
Tabla 46. Escenario de Riesgo – 2 para los distritos en el nivel “Muy Alto” de riesgo.....	82
Tabla 47. Escenario de Riesgo – 2 para los distritos en el nivel “Alto” de riesgo.....	82
Tabla 48. Nivel de riesgo “Muy Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 2 a nivel provincial.....	85
Tabla 49. Nivel de riesgo “Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 2 a nivel provincial... 85	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Población en el departamento de Áncash.....	16
Gráfico 2. Serie normalizada (a) mensualizada y línea de tiempo de emergencias (b) registradas por movimientos en masa, 2003-2022.....	20
Gráfico 3. Flujograma de la susceptibilidad por movimientos en masa.....	23

Gráfico 4. Flujograma del modelo de susceptibilidad por movimientos en masa.	24
Gráfico 5. Flujograma de evaluación de elementos expuestos.	45
Gráfico 6. Flujograma de evaluación de escenarios de riesgo.	49
Gráfico 7. Valor de AUC del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.	50
Gráfico 8. Niveles de peligro por movimientos en masa para el Escenario-1.....	52
Gráfico 9. Niveles de peligro a nivel provincial.	56
Gráfico 10. Niveles de peligro por movimientos en masa para el Escenario-2.....	58
Gráfico 11. Niveles de peligro por distrito a nivel provincial.....	62
Gráfico 12. Nivel de exposición de centros poblados por provincia.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación Climática de Thornthwaite.	15
Figura 2. Mapa de pendiente en el departamento de Áncash.	27
Figura 3. Mapa de unidades litológicas en el departamento de Áncash.	31
Figura 4. Mapa de unidades geomorfológicas en el departamento de Áncash.	33
Figura 5. Mapa de unidades hidrogeológicas en el departamento de Áncash.	35
Figura 6. Mapa de cobertura vegetal y área degradada en el departamento de Áncash.	38
Figura 7. Mapa de anomalía de precipitación en eventos de El Niño (EFMA) en el departamento de Áncash.	40
Figura 8. Mapa de precipitación máxima diaria bajo el percentil 99 (P99) para en el departamento de Áncash.	41
Figura 9. Mapa de inventario de movimientos en masa en el departamento de Áncash.....	43
Figura 10. Otros elementos expuestos del departamento de Áncash.	46
Figura 11. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para Áncash.	51
Figura 12. Mapa de peligro por movimientos en masa para Áncash para el E-1.	53
Figura 13. Mapa de peligro de centros poblados por movimientos en masa para el E-1.	54
Figura 14. Mapa de peligro por movimientos en masa a nivel distrital.	57
Figura 15. Mapa de peligro por movimientos en masa para Áncash para el E-2.	59
Figura 16. Mapa de peligro de centros poblados por movimientos en masa para el E-2.	60
Figura 17. Mapa de peligro por movimientos en masa a nivel distrital para el Escenario-2.	63
Figura 18. Mapa de niveles de exposición de los centros poblados.....	65
Figura 19. Nivel de exposición a nivel distrital.	67
Figura 20. Nivel de Riesgo de los centros poblados para el Escenario-1.....	69
Figura 21. Nivel de Riesgo de los distritos para el Escenario-1.....	72
Figura 22. Nivel de Riesgo de otros elementos expuestos para el Escenario-1.....	75
Figura 23. Nivel de Riesgo de los centros poblados para el Escenario-2.....	78
Figura 24. Nivel de Riesgo de los distritos para el Escenario-2.....	81
Figura 25. Nivel de Riesgo de otros elementos expuestos para el Escenario-2.....	84

INTRODUCCIÓN

El Centro de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre – CENEPRED, en el marco de sus funciones elaboró el presente informe de escenario de riesgo por movimientos en masa para el departamento de Áncash usando como base información derivada de instituciones técnicas científicas como INGEMMET, SENAMHI, INAIGEM, entre otros. El objetivo principal de este informe es zonificar las zonas más probables de peligro por movimiento en masa desencadenado por el Fenómeno El Niño (Escenario de Peligro-1), o por lluvias intensas bajo el percentil 99 (Escenario de Peligro-2), así como, la determinación del riesgo de los elementos expuestos del territorio (centros poblados, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas, infraestructuras de transporte y agrícola).

El informe está dirigido a tomadores de decisiones de los tres niveles de gobierno, específicamente al Gobierno Regional de Áncash y direcciones regionales de salud, educación, transporte, agricultura, además de gobiernos locales y a entidades públicas y privadas que se encuentren involucradas, directa o indirectamente, con la finalidad de planificar y asignar recursos, en el marco de sus competencias, relacionados a los procesos de la gestión del riesgo de desastre.

En el Capítulo I, se define brevemente las generalidades del estudio, como los objetivos, finalidad, antecedente, alcances y marco normativo. En el Capítulo II, se presenta la ubicación del área de estudio, los aspectos sociales y de infraestructura y fenomenología del territorio de estudio.

En el Capítulo III, se presenta la metodología para analizar y zonificar la susceptibilidad por movimientos en masa a nivel departamental. También incluye la metodología para determinar el factor desencadenante y la estimación del peligro. Asimismo, se muestra la metodología para determinar los elementos expuestos al peligro por movimientos en masa a nivel departamental. Por último, se presenta la metodología para determinar los escenarios de riesgo por movimientos en masa a nivel departamental.

En el Capítulo IV, se muestra los resultados y discusión de estos, los cuales incluyen, la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa de factores condicionantes, además, la determinación del peligro bajo el escenario de Fenómeno de El Niño Global o Costero (Escenario-1) y bajo el escenario de precipitaciones máxima bajo percentil 99 (Escenario-2). También, se incluye el análisis de los elementos expuestos a nivel departamental, por último, se presenta el análisis de los escenarios de riesgos para ambos escenarios analizados.

En los Capítulos V, VI, VII y VIII se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos de este estudio.

CAPÍTULO I - ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivo general

Elaborar el Escenario de Riesgo – 1 por Fenómeno El Niño y el Escenario de Riesgo – 2 Lluvias intensas P99 por movimientos en masa para el departamento de Áncash.

1.2 Objetivos específicos

Los escenarios de riesgo tienen los siguientes objetivos específicos:

- Zonificar la susceptibilidad y peligro relacionado a movimientos en masa en el departamento de Áncash.
- Analizar los elementos expuestos al peligro por movimientos en masa en el departamento de Áncash.
- Determinar el escenario de riesgo por movimientos en masa en el departamento de Áncash.

1.3 Finalidad

Este estudio tiene por finalidad identificar los niveles de riesgo ante fenómenos de movimientos en masa en el departamento de Áncash, a fin de que los profesionales de los gobiernos locales y regionales cuenten con un instrumento técnico para la focalización de sus intervenciones.

1.4 Alcances

El presente informe está dirigido a tomadores de decisiones de los tres niveles de gobierno, específicamente al Gobierno Regional de Áncash y direcciones regionales de salud, educación, transporte, agricultura, además de gobiernos locales y a entidades públicas y privadas que se encuentren involucradas, directa o indirectamente, con la finalidad de planificar y asignar recursos, en el marco de sus competencias, relacionados a los procesos de la gestión del riesgo de desastre.

1.5 Marco normativo

Nacional

- Ley N°29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres (SINAGERD).
- Decreto Supremo N°048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre (SINAGERD).
- Ley N°30779, Ley que dispone medidas para el Fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgos de Desastres (SINAGERD).
- Decreto Supremo N°038-2021-PCM, que apruebe la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050.

- Resolución Ministerial N°334-012-PCM: Aprueban “Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastre”.
- Resolución Ministerial N°147-2016-PCM, Aprobación de los “Lineamientos para la implementación del proceso de Reconstrucción”.
- Resolución Ministerial N°046-2013-PCM: Aprueban directiva “Lineamientos que definen el marco de responsabilidades en gestión del riesgo de desastres de las entidades del estado en los tres niveles de gobierno” y su anexo.

CAPÍTULO II – SITUACIÓN GENERAL

2.1 Ubicación geográfica y política

El departamento de Áncash se localiza en el sector central y occidental del territorio peruano, gran parte de su geografía andina está condicionada por la cordillera Negra y Blanca que cruzan su territorio en el oriente del territorio de norte a sur, presentando un relieve accidentado con varios picos superiores a 6000 msnm. Del lado occidental, se emplazan siete valles o ríos principales que aportan hidrográficamente a la vertiente del Pacífico, mientras que parte del aporte hídrico de la Cordillera Blanca va a la vertiente del Atlántico. Geográficamente se ubica entre los extremos de latitud 08°02'51"S a 10°47'15"S y longitud desde 76°43'27"W a 78°39'25"W (Zavala et al., 2009), presentan altitudes entre los 0 msnm hasta altitudes superiores a 6000 msnm y una superficie aproximada de 35939.50 km².

El departamento de Áncash limita por el norte con el departamento de La Libertad, por el este con San Martín, y Huánuco, al sur con Lima y al oeste con el Océano Pacífico. Políticamente el departamento de Áncash cuenta con 20 provincias y existen 166 distritos.

Tabla 1. Provincias del departamento de Áncash.

Departamento	Provincia	Superficie (km ²)
Áncash	Aija	696.4
	Antonio Raymondi	557.6
	Asunción	528.2
	Bolognesi	3128.9
	Carhuaz	814.3
	Carlos Fermín Fitzcarrald	627.4
	Casma	2275.9
	Corongo	1017.0
	Huaraz	2510.2
	Huari	2791.3
	Huarmey	3925.3
	Huaylas	2290.2
	Mariscal Luzuriaga	736.7
	Ocros	1913.3
	Pallasca	2070.4
	Pomabamba	922.2
	Recuay	2328.6
	Santa	3983.0
	Sihuas	1457.7
	Yungay	1364.8

INEI, 2017.

2.2 Climatología

Según el método de clasificación climática de Warren Thornthwaite, el departamento de Áncash se presenta dieciseis (16) tipos de clasificaciones climáticas (SENAMHI, 2020), en la costa el clima es desértico y con lluvias

muy escasas, clima templado y seco en pisos altitudinales medios de vertientes andinas oriental y occidental, clima frío y seco en punas y altas mesetas, muy frío en las cumbres nevadas, por último, en el fondo del valle formado por el río Marañón, el clima es cálido-húmedo con altas temperaturas durante el día y la noche (GORE ANCASH, 2018).

Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado. E (d) B'

Esta región presenta temperaturas mínimas y máximas de 3°C hasta los 31°C y precipitaciones que oscilan entre los 0 a 5 mm en las partes adyacentes al litoral y alcanza valores entre 500 a 700mm en las zonas altas de la costa norte.

Semiárido con invierno seco. Templado. D (i) B'

En esta zona climática, presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 23°C y temperaturas mínimas de 15°C a 19°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas áreas varían desde los 300 mm hasta los 700 mm aproximadamente.

Semiseco con invierno seco. Templado. C (i) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 21°C a 25°C en áreas del norte y centro y, de 15°C a 21°C en la sierra sur; mientras que, las temperaturas mínimas oscilan entre los 7°C y 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona alcanzan entre los 300 mm a 700 mm aproximadamente.

Semiseco con otoño e invierno secos. Templado. C (o , i) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 23°C a 27°C y temperaturas mínimas de 5°C a 11°C. Asimismo, los acumulados anuales de lluvias alcanzan valores desde los 500 mm hasta los 900 mm aproximadamente.

Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío. B (o , i) C'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 9°C a 19°C y temperaturas mínimas de -3°C a 3°C. Además, los acumulados anuales de precipitación de pueden variar desde los 500 mm hasta los 1200 mm aproximadamente.

Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado. B (o , i) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 23°C; por su parte, los acumulados anuales de precipitación varían desde los 700 mm hasta los 1500 mm aproximadamente.

Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Frío. A (r) C'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 17°C a 21°C; por su parte, las temperaturas mínimas de varían de 3°C a 7°C. Los acumulados anuales de precipitación en esta región varían de 1200 mm a 1800 mm aproximadamente.

Semiárido con invierno y primavera secos. Templado. D (i , p) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 19°C a 21°C y temperaturas mínimas de 3°C a 9°C. Además, los acumulados anuales de lluvias que se registran en estas áreas varía desde los 50 mm hasta los 160 mm aproximadamente.

Semiseco con invierno y primavera secos. Templado. C (i , p) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 17°C a 21°C de y temperaturas mínimas de 15°C a 19°C. Además, los acumulados anuales de lluvias oscilan entre 200 mm y 300 mm aproximadamente.

Semiseco con otoño e invierno secos. Frío. C (o , i) C'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 15°C a 19°C y temperaturas mínimas de -1°C a -3°C. Además, los acumulados anuales de lluvias varían de 700 mm a 900 mm aproximadamente.

Lluvioso con invierno seco. Frío. B (i) C'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 13°C a 17°C y temperaturas mínimas de -5°C a -1°C. Además, los acumulados anuales de lluvias varían de 700 mm a 900 mm.

Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. C (r) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas zonas pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. B (r) B'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 25°C a 29°C de y temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona puede variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente.






Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. A (r) B'








Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 27°C a 29°C; mientras que, las temperaturas mínimas se encuentran en el rango de 17°C a 21°C. Asimismo, los acumulados anuales de lluvias alcanzan entre los 2000 y los 3500 mm.




Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Cálido. A (r) A'

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 31°C a 33°C en el norte y de 29°C a 31°C en el sur; mientras que, Las temperaturas mínimas oscilan entre 21°C a 25°C en norte y entre 17°C a 21°C en el sur. Asimismo, los acumulados anuales de lluvia se encuentran entre los 2100 mm y los 5000 mm.

Tabla 2. Clasificación Climática del departamento de Áncash.

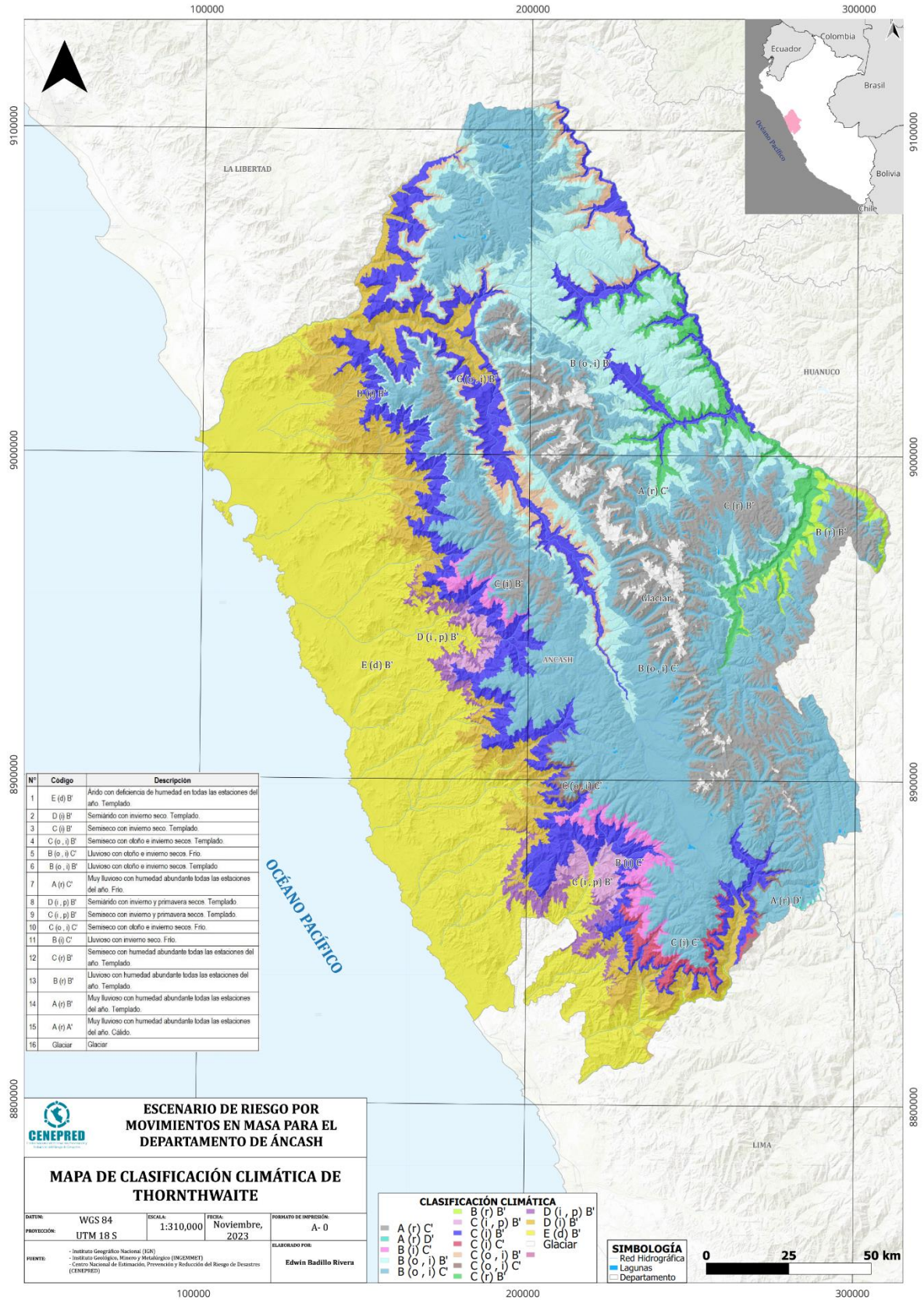
N°	Código	Descripción	Imagen
1	E (d) B'	Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado.	
2	D (i) B'	Semiárido con invierno seco. Templado.	
3	C (i) B'	Semiseco con invierno seco. Templado.	
4	C (o, i) B'	Semiseco con otoño e invierno secos. Templado.	
5	B (o, i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Frio.	

N°	Código	Descripción	Imagen
6	B (o , i) B'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado	
7	A (r) C'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Frío.	
8	D (i , p) B'	Semiárido con invierno y primavera secos. Templado.	
9	C (i , p) B'	Semiseco con invierno y primavera secos. Templado.	
10	C (o , i) C'	Semiseco con otoño e invierno secos. Frío.	
11	B (i) C'	Lluvioso con invierno seco. Frío.	
12	C (r) B'	Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado.	

N°	Código	Descripción	Imagen
13	B (r) B'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado.	
14	A (r) B'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado.	
15	A (r) A'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Cálido.	
16	Glaciar	Glaciar+	-

SENAMHI (2020).

Figura 1. Clasificación Climática de Thornthwaite.



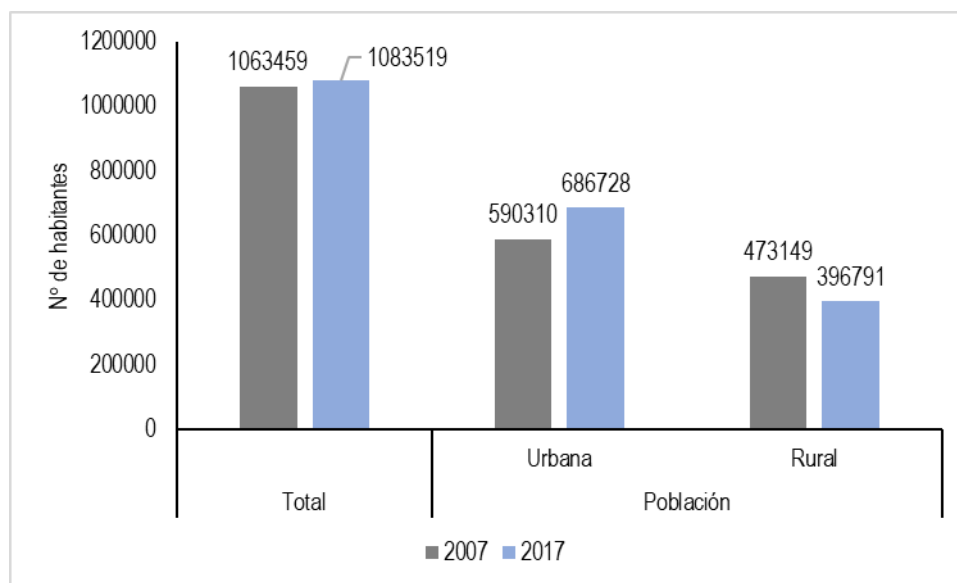
Fuente: SENAMHI.

2.3 Aspectos sociales e infraestructura

2.3.1 Población

El departamento de Áncash existen 1083519 habitantes según el último censo nacional (INEI, 2018c) que representa el 3.7% el total nacional. En el área urbana y rural residen 686728 y 396791 habitantes respectivamente, el 49.3% de la población son hombres y el 50.7% son mujeres (INEI, 2018a).

Gráfico 1. Población en el departamento de Áncash.



Fuente: INEI

2.3.2 Vivienda

Según el Gobierno Regional de Áncash, en el departamento de Áncash existen 295899 viviendas.

Tabla 3. Viviendas particulares con ocupantes presentes.

Tipo	Material Predominante de las paredes		
	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o Tapia	Quincha/Piedra/Barro/triplay/calamina o estera
Total	115987	141794	34093
%	39.7	48.6	11.7

INEI, 2018b.

El material predominante de construcción de las paredes es de adobe o tapia (48.6%), seguido del material predominante de cemento (39.7%), por último, el material que menos predomina en las viviendas es la quincha, piedra, barro, triplay, calamina o estera (11.7%).

2.3.3 Infraestructura

2.3.3.1 Vías de comunicación

El departamento de Áncash está conectado por vías nacionales, departamentales y vecinales que alcanzan una longitud de 5812.7 km.

Tabla 4. Longitud de vías.

N°	Elemento	Tipo	Unidad	Longitud
1	Vías	Nacional	km	1950.8
2		Departamental	km	1214.9
3		Vecinal	km	7612.8

MTC, 2021.

Por otro lado, en el departamento de Áncash, se han inventariado 240 infraestructura del tipo puente, pontón (puentes de dimensiones pequeñas, por lo general, de 3 hasta los 10m) y badén, que se enumeran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Otras infraestructuras.

N°	Elemento	Tipo	Unidad	Cantidad
1	Otras infraestructuras	Badén	Unidad	3
2		Pontón	Unidad	40
3		Puente	Unidad	193

PROVIAS, 2021.

2.3.3.2 Aeropuertos y puertos

En el departamento de Áncash existen 2 aeropuertos de los cuales, ubicados en la provincia de Santa y de Carhuaz, por otro lado, existen 2 terminales portuarios, ubicados en el distrito de Chimbote.

Tabla 6. Aeropuertos y puertos del departamento de Áncash.

Nombre	Provincia	Distrito	Administra	Estado	Tipo
Aeropuerto Chimbote - Tnte.Fap Jaime A. De Montreuil Morales	Santa	Nuevo Chimbote	Corpac S.A.	Operativo	Aeropuerto
Aeropuerto Cmdt.Fap German Arias (Graziani)	Carhuaz	Anta	Aeropuertos Del Perú S.A.	Operativo	Aeropuerto
Terminal portuario Chimbote	Santa	Chimbote	Gobierno Regional De Ancash	Operativo	Terminal portuario
Terminal portuario Muelle Siderperú	Santa	Chimbote	Siderperu S.A.	Operativo	Terminal portuario

MTC, 2021.

2.3.3.3 Instituciones educativas y establecimientos de salud

El Ministerio de Educación (ESCALE) reportó que en el departamento de Áncash existen 3334 instituciones educativas y una población estudiantil de 205657 estudiantes y 14984 docentes.

Tabla 7. Instituciones educativas.

Tipo	N° IIEE	N° alumnos	N° docentes
IIEE	3334	205657	14984

ESCALE, 2023.

En cuanto a los establecimientos de salud, en el departamento de Áncash existen 520 establecimientos de salud entre hospitales, establecimientos de salud, puestos de salud, consultorios y centros odontológicos, además, según el INEI la cobertura de salud representa el 88%.

Tabla 8. Establecimientos de salud.

Tipo de Establecimiento de Salud	Número
Establecimiento de Salud Sin Internamiento	465
Establecimiento de Salud Con Internamiento	37
Servicio Médico de Apoyo	18

MINSA.

2.3.3.4 Recursos de respuesta a emergencias

A la fecha, existen 5 almacenes de respuesta a emergencia ubicados en los distritos de Huaraz, Chimbote, Cabana, Huari y San Luis, además, existen 76 comisarías distribuidas en 58 de los 166 distritos del departamento de Áncash.

Tabla 9. Recursos de respuesta a emergencia.

Tipo	N°
Comisaría	76
Bomberos	7
Tambo	17
Almacenes	5

INDECI, 2022.

2.3.5 Área e infraestructura agrícola

En términos de superficie, la cobertura agrícola cubre una superficie de 4987.2 km² que representa el 14% de la superficie del departamento de Áncash.

Tabla 10. Superficie agrícola.

Infraestructura	Unidad	N°
Cobertura agrícola	Km2	4987.2

MIDAGRI (2023).

2.4 Fenomenología del territorio

Por su ubicación geográfica, características geológicas, geomorfológicas, sísmicas y climáticas; además, de condiciones de alta vulnerabilidad, la región Áncash posee un alto índice de ocurrencia de eventos desastrosos relacionados a los movimientos en masa detonados por sismos y lluvias. En eventos excepcionales de El Niño,

1997/98, 2017, se produjeron un gran número de inundaciones y movimientos en masa, generando que Áncash sea la cuarta región detrás de Piura, La Libertad y Lambayeque que más personas damnificadas y la primera en personas fallecidas y heridas se reportaron en todo el Perú, sin embargo, en años bajo condiciones normales, son frecuentes los movimientos en masa en época de precipitaciones estacionales debido a sus características geomorfológicas y climáticas (CAF, 1998; Villanueva, 2018; Zavala et al., 2009).

En este apartado se realizará una descripción de los peligros generados por fenómenos de origen natural en el ámbito de influencia del departamento de Áncash. Así mismo, se adopta la clasificación de peligros propuesta por el CENEPRED en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales Versión 02.

El registro histórico de los eventos generados por el impacto de peligros originados por fenómenos de origen natural en el departamento de Áncash ha sido recabado de informes estadísticos de emergencias del INDECI, además, se ha usado el inventario nacional de peligros geológicos del INGEMMET. Según el INDECI (2021), en el departamento de Áncash se han registrado 3572 reportes de emergencias, de estos, 506 (14%) relacionados a movimientos en masa, siendo los deslizamientos los de mayor recurrencia (218 eventos) desde el 2003 al 2020.

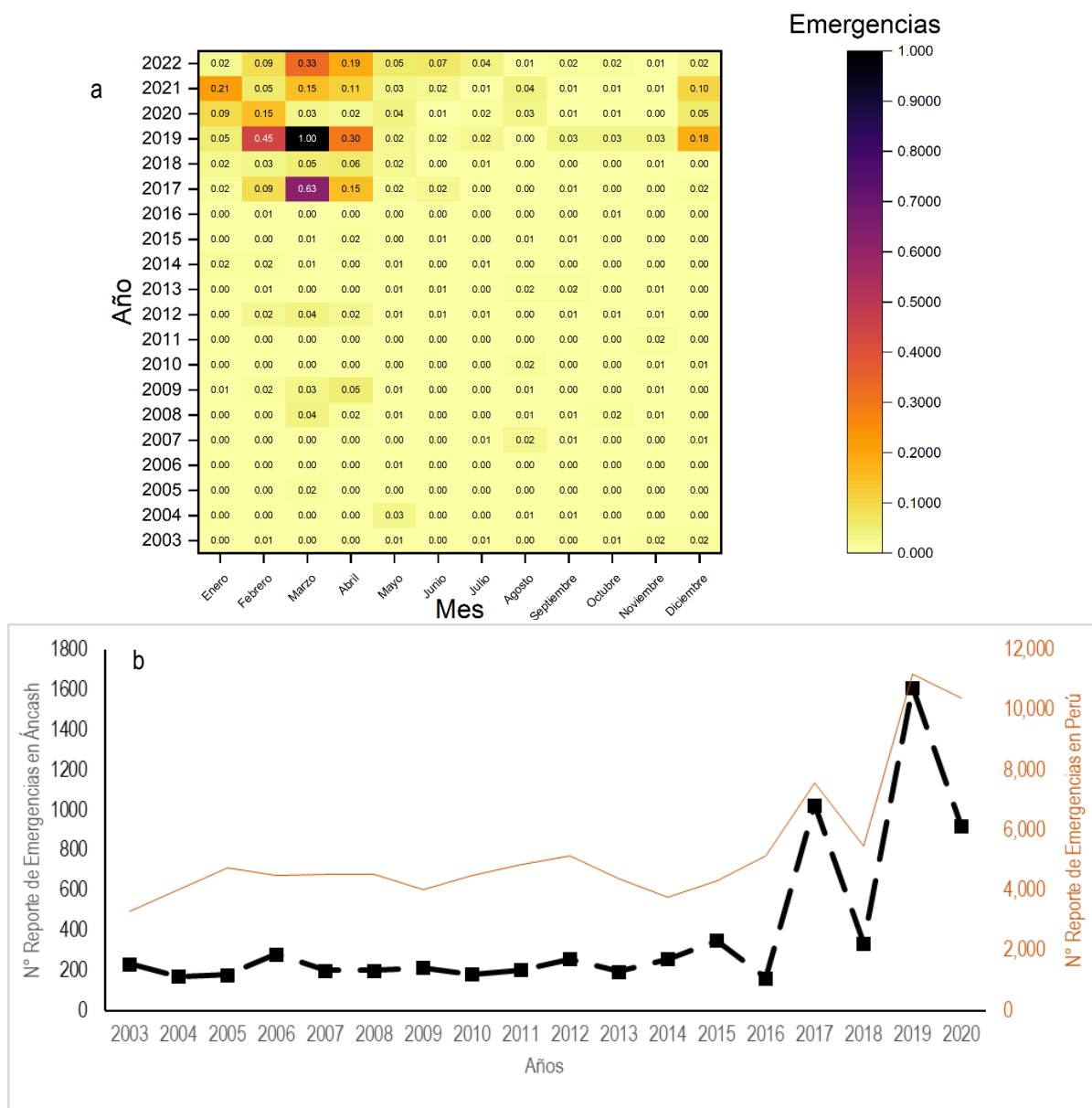
Tabla 11. Reporte de emergencias por fenómenos de origen natural en Áncash.

Clasificación	N° de eventos	Clase	Tipo de fenómeno	N° de emergencias
Geodinámica externa	511	Movimientos en masa	Deslizamiento	218
			Huaycos	169
			Derrumbes	110
			Aludes	9
		-	Otros fenómenos de geodinámica externa*	5
Geodinámica interna	10	-	Sismos*	10
Hidrometeorológicos	2595	-	Vientos fuertes	155
			Inundación	78
			Lluvias intensas	1768
			Friaje*	14
			Sequías	57
			Tormentas eléctricas	14
			Incendios forestales	281
			Erosión	20
			Otros fenóm. Met.o hidrol.	6
			Bajas temperaturas	148
			Precipitaciones - granizo*	54

Elaborado en base a INDECI (2021), * GORE ANCASH, 2018.

A la fecha se ha estimado que se ha afectado la vida de 8927 personas y damnificado 4873 personas. En el siguiente Gráfico 2a, se observa que en los últimos años 6 años, se ha observado un aumento en el registro de reportes de emergencia (tonalidades oscuras) en los meses de diciembre a abril de fenómenos asociados a movimientos en masa en la época de precipitaciones de la región Áncash. Además, se ha reportado un aumento exponencial en los últimos años en la frecuencia de eventos de emergencia asociados a movimientos en masa en el departamento de Áncash (línea discontinua negra, Gráfico 2b) y en el Perú (línea naranja, Gráfico 2b), esto probablemente se deba al aumento en la frecuencia de eventos extremos asociados al cambio climático (Correa et al., 2019; IPCC, 2021) o a un aumento en el registro de emergencias por las autoridades competentes.

Gráfico 2. Serie normalizada (a) mensualizada y línea de tiempo de emergencias (b) registradas por movimientos en masa, 2003-2022.



“a” elaborado en base al reporte de emergencias del INDECI (2023) y “b” Elaborado en base a INDECI, 2021.

En el evento de Fenómeno El Niño Costero 2017, la zona de convergencia intertropical (ZCIT) se desplazó hasta 10° de latitud sur, frente a la costa de Áncash y La Libertad, aumentó la anomalía de temperatura de la superficie del mar en hasta 3°C (en el centro) (ENFEN, 2017) y se desencadenó lluvias intensas con anomalías superiores a 1000% de a sus registros históricos en el departamento de Áncash (SENAMHI, 2023). En este evento de Fenómeno El Niño Costero 2017, en Áncash se han visto comprometidos la vida, salud y medios de vida de la población como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 12. Daños por efectos del Fenómeno El Niño Costero 2017.

Daños vida y salud						
	Damnificadas	Afectadas	Fallecidas	Heridas	Desaparecidas	
Áncash	25385	127345	27	126	1	
Total país	283137	1644879	169	505	19	
Daños a la vivienda y locales públicos						
	Viviendas destruidas	Viviendas afectadas	IIEE Destruídas o inhabitables	IIEE afectadas	EESS destruidos e inhabitables	EESS afectadas
Áncash	29867	29867	105	315	17	96
Total país	65942	381076	456	3703	71	1159
Daños a la agricultura						
	Área de cultivo afectada (ha)			Área de cultivo perdida (ha)		
Áncash	8892			2125		
Total país	112748			51851		
Daños en transporte y comunicaciones						
	Caminos rurales destruidos (km)	Caminos rurales afectados (km)	Carreteras destruidas (km)	Carreteras afectadas (km)	Puentes destruidos	
Áncash	240	701	453	1372	112	
Total país	2398	5939	4030	10251	493	

Elaborado en base a INEI (2022)

CAPÍTULO III – METODOLOGÍA

3.1 Determinación del peligro

3.1.1 Susceptibilidad de movimientos en masa

3.1.1.1 Método heurístico

El método cualitativo o heurístico ha sido ampliamente usado para evaluar la susceptibilidad (Aristizábal & Yokota, 2006), y se basan en la ponderación o asignación de pesos a las diferentes variables determinadas por juicio de criterio de expertos (Wati et al., 2010), estudios previos y características físicas y naturales que representan los efectos de cada parámetro en el mecanismo de ocurrencia de los movimientos en masa. El peso de cada variable depende del grado de influencia de un parámetro dado que puede causar un evento de movimiento en masa.

$$I = \sum_{i=1}^n Xi * Wi \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde I, representa el índice de susceptibilidad de movimiento en masa, “Xi” es el valor de clase de cada variable y “Wi” es el peso de cada variable (Ahyuni et al., 2021) que sumado es igual a 1.

La asignación de peso de las clases de cada variable se realizó en función a la metodología y criterio establecido por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), es decir, en una escala de susceptibilidad de 0 a 4, donde el valor de 0 no tiene relevancia como clase causativa de movimientos en masa, por otro lado, el valor de 4 tiene un factor causal preponderante a movimientos en masa.

Finalmente, para obtener el mapa de susceptibilidad de los factores condicionantes (SFC) se aplicó la fórmula planteada por el INGEMMET.

$$SFC = (I_1 + I_2 + \dots + I_n)/n \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde “n” representan el número de variables.

3.1.1.2 Susceptibilidad por movimientos en masa

La susceptibilidad por el método heurístico fue aplicado usando los factores que usa el INGEMMET (2010) en el reporte de Zavala et al., (2009) para el departamento de Áncash, además, se incluyó la variable de áreas degradadas (información al 2021) en la construcción del modelo de susceptibilidad.

Los pesos asignados a cada subclase de los factores condicionantes como litología, geomorfología, pendiente e hidrogeología corresponden a los pesos de susceptibilidad que están en un rango de 0 a 4 acorde a lo propuesto por el INGEMMET, aunque en su reporte asignan el valor de 0 a subclases cuya

susceptibilidad es muy baja, en este estudio se usó el valor de 0.1, bajo el sustento de evitar superficies sin un valor de susceptibilidad al realizar el cruce de información.

Se replicó el modelo propuesto por el INGEMMET, para lo que se usó el ráster de pendiente de 30m y se agregó la variable de cobertura vegetal y área degradada en el modelo heurístico, para lo cual se implementó la siguiente fórmula en el software QGIS.

$$SMM_h = ((FC_1 * 0.40) + (FC_2 * 0.20) + (FC_3 * 0.25) + (FC_4 * 0.10) + (FC_5 * 0.05))/5 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

FC_1 : Factor condicionante, litología

FC_2 : Factor condicionante, pendiente

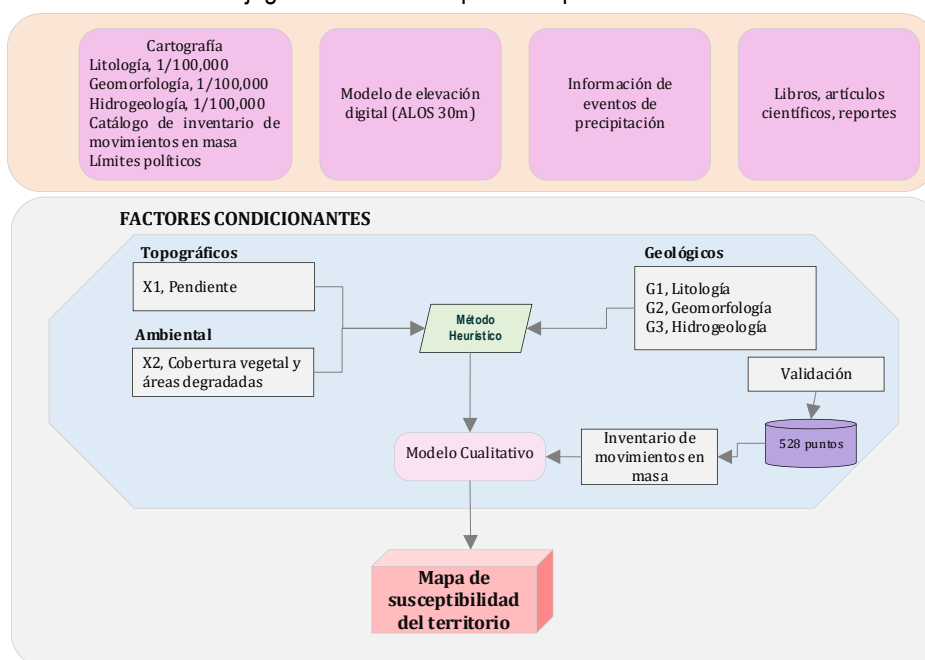
FC_3 : Factor condicionante, geomorfología

FC_4 : Factor condicionante, hidrogeología

FC_5 : Factor condicionante, cobertura vegetal y área degradada

En el siguiente gráfico se muestra el flujo metodológico para determinar la susceptibilidad por movimientos en masa.

Gráfico 3. Flujograma de la susceptibilidad por movimientos en masa.



Los niveles de susceptibilidad por movimientos en masa se clasificaron en 4 niveles. Los niveles “Muy Bajo” y “Bajo” propuesto por el INGEMMET, se agruparon en un solo rango, como “Bajo”, esto con la finalidad de

cruzar el mapa de susceptibilidad por factores condicionantes con el factor desencadenante y obtener el mapa de peligrosidad por movimientos en masa; finalmente se clasificó la susceptibilidad en cuatro (4) rangos, tal y como propone CENEPRED en los escenarios de riesgo a nivel departamental, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

Por último, se validó el mapa de susceptibilidad usando el inventario de movimientos en masa del INGEMMET con el valor del área bajo la curva (AUC).

3.1.2 Metodología para determinar el factor desencadenante y peligro por movimientos en masa

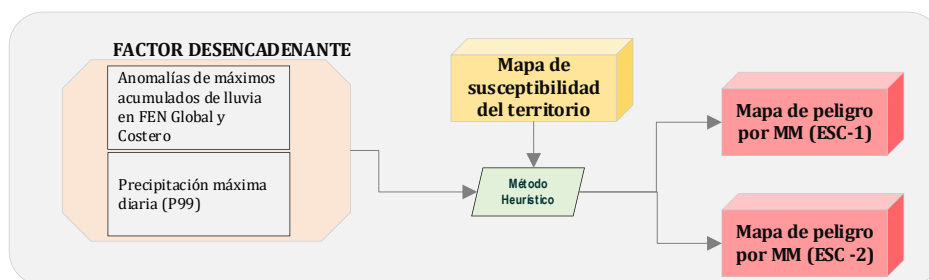
Para los fines de estudio del peligro se seleccionaron dos factores desencadenantes, es decir, se consideró dos escenarios de peligrosidad por movimientos en masa. El primer escenario asociado a anomalías oceánicas-atmosféricas de Fenómeno El Niño registrados en el periodo de enero, febrero, marzo y abril (EFMA) de los años 1997/98, 2016/17 y verano 2023; y como segundo escenario se consideró a las precipitaciones máximas en condiciones climatológicas normales en el departamento de Áncash, este último, con base a los percentiles de precipitación (P99). Vale indicar que, en el caso del factor desencadenante ambas fuentes de información fueron generadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Tabla 13. Factor desencadenante para determinar el peligro por movimientos en masa.

Escenarios	Factor desencadenante	Indicador	Fuente
Escenario 1	Anomalías de precipitación durante FEN (EFMA)	SPI	SENAMHI
Escenario 2	Precipitación máxima diaria – Percentil 99	Percentiles	SENAMHI

La determinación del peligro por movimientos en masa resulta de la combinación de los factores condicionantes y desencadenantes, basado en una ponderación cualitativa o heurística, este geoproceso se realizó usando la calculadora ráster de QGIS.

Gráfico 4. Flujograma del modelo de susceptibilidad por movimientos en masa.



Para determinar los escenarios de peligro se usó la siguiente ecuación, que fue implementada en la calculadora ráster de QGIS.

$$Peligro_{ESC-1} = (SMM \times 0.85) + (FD_{FEN} \times 0.15) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$Peligro_{ESC-2} = (SMM \times 0.85) + (FD_{P99} \times 0.15) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde, $Peligro_{ESC-1}$ y $Peligro_{ESC-2}$ representan los mapas del Escenario 1 y 2 respectivamente, “SMM” es el ráster de susceptibilidad por movimientos en masa, FD_{FEN} es el factor desencadenante bajo el escenario del Fenómeno El Niño y FD_{P99} representa el factor desencadenante de precipitaciones máximas bajo el P99.

Vale indicar que, para el caso del nivel de peligrosidad a nivel distrital, se estimó considerando como criterio asignar a cada distrito el nivel de peligro que abarca la mayor superficie en el límite distrital. Para realizar esto, los ráster que se obtuvieron luego de aplicar la Ecuación 4 y 5, fueron reclasificados en los cuatro (4) rangos de peligro usando la herramienta de *reclassify by table* de QGIS. Luego de la reclasificación, este nuevo ráster fue convertido a formato vectorial con la herramienta de *raster>conversión>polygonize (raster to vector)* de QGIS, a esta vector se le aplicó la herramienta *vector>geoprocessing tool>dissolve*. Finalmente, se interceptó la última capa de vector con la de distritos del departamento de Áncash, en donde se estimó la superficie que abarca cada nivel de peligro en los límites distritales.

3.1.3 Equipos, softwares

En la siguiente tabla se detalla los equipos y softwares usados en la ejecución del presente estudio.

Tabla 14. Equipos y software usados en el estudio.

Equipos	Software
Computador portátil	QGIS
Tablet	Anaconda – Jupyter Notebook
-	Python 3.8
-	Microsoft Office (Word, Excel, Power Point)
-	Visio

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Información usada

3.1.4.1 Escala de la información

Se usó información geoespacial de tipo vectorial y ráster. La información fue recopilada de fuentes oficiales como repositorios institucionales, geoportales, visores de mapas, y otros de ámbito nacional e internacional. En la siguiente tabla se resume la información usada y la escala (información vectorial) o resolución espacial (información rasterizada), así como la fuente de información.

Tabla 15. Información usada en el estudio.

N°	Tipo	Descripción	Tipo	Escala o resolución espacial	Año	Fuente	Link (último acceso 30/11/2023)	
1	Vectorial	Litología	Discreta	1/100,000	-	INGEMMET	https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/	
2		Geomorfología	Discreta	1/100,000	-	INGEMMET	https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/	
3		Hidrogeología	Discreta	1/100,000	-	INGEMMET	https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/	
		Inventario de Movimientos en Masa	Discreta	1/50,000	2021	INGEMMET	https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/	
4		Cobertura vegetal	Discreta	1/100,000	2015	MINAM	https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/cobertura-vegetal-ministerio-del-ambiente	
		Cobertura glaciar y lagunar	Discreta	1/5,000	2023	INAIGEM	https://www.gob.pe/institucion/inaigem/informes-publicaciones/4746459-inventario-nacional-de-glaciares-y-lagunas-de-origen-glaciar-inglog	
5		Hidrografía	-	-	-	ANA	https://www.geoidep.gob.pe/autoridad-nacional-del-agua-ana	
6		Límites políticos	-	-	-	INEI	https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/limites-departamentales	
7		Ráster	Modelo de elevación digital	Continúa	30m	2011	JAXA	https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=3.000&center=-97.494,39.673&dataset=ALOS
8			Áreas degradadas	Discreta	30m	2021	MINAM	https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php#download
9	Precipitación por FEN		Discreta	100m	2023	SENAMHI	Información otorgada por la institución.	
10	Precipitación por P99		Discreta	11000m	2023	SENAMHI	Información otorgada por la institución.	

Fuente: Elaboración propia.

a. Pendiente

Suele considerarse como uno de los factores más importantes que afecta la estabilidad de las laderas, además, controla la distribución de la tensión y deformación de las mismas (Tang et al., 2020).

En este estudio se obtuvo el mapa de pendiente usando un DEM de 30m de resolución espacial (ALOS Palsar), se usó la herramienta de QGIS *raster>análisis>slope*. Además, la reclasificación y asignación de la susceptibilidad a cada clase se realizó con base al reporte del INGEMMET (Zavala et al., 2009), para reclasificar el ráster se usó la herramienta de *reclassify by table* de la caja de herramientas de QGIS, asignando a cada rango la calificación que se indica en la siguiente tabla.

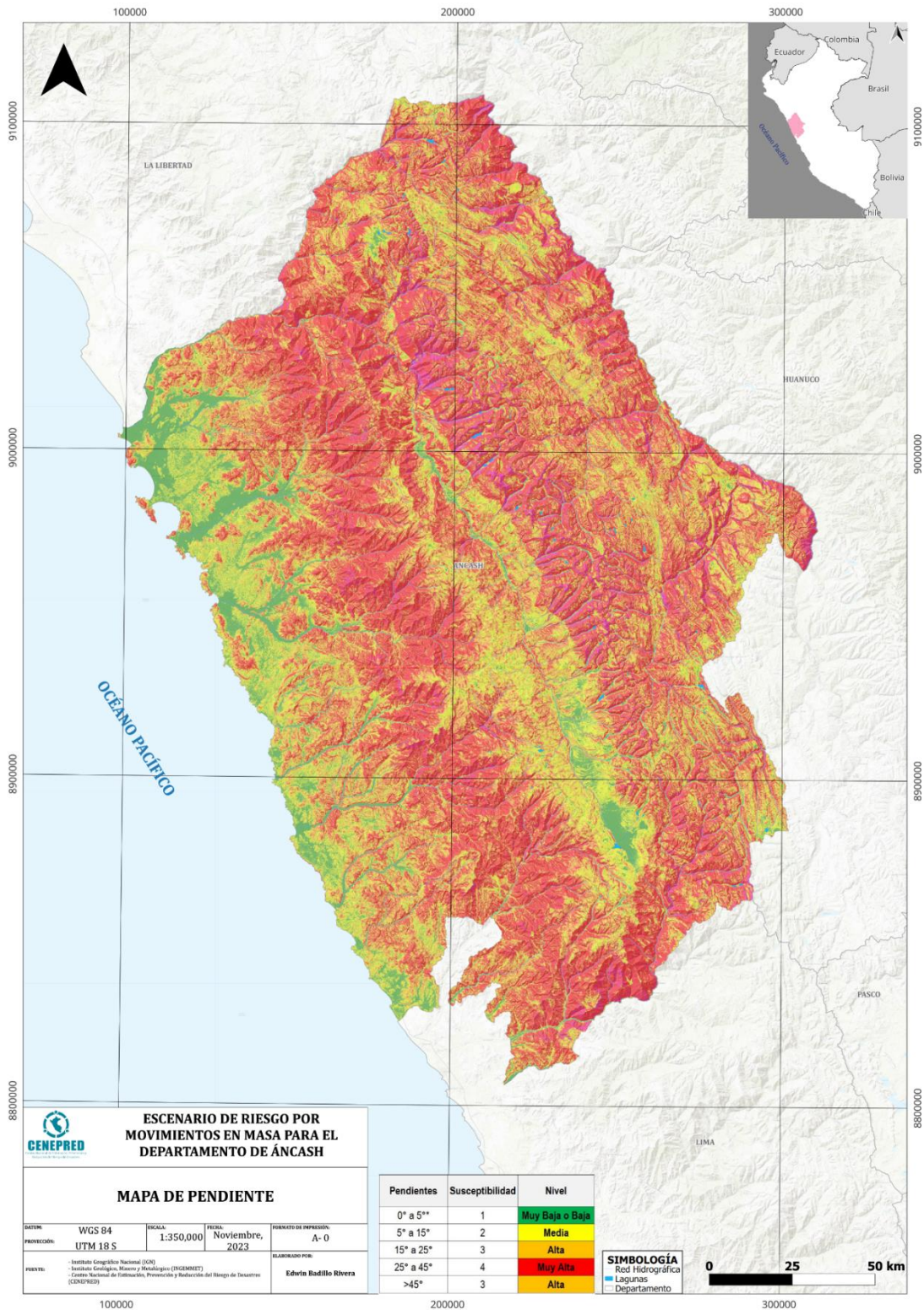
Tabla 16. Rango de pendiente y susceptibilidad a movimientos en masa.

Pendientes	Calificación	Susceptibilidad
0° a 1°*	0.1	Muy Baja a Nula
1° a 5°*	1	Baja
5° a 15°	2	Media
15° a 25°	3	Alta
25° a 45°	4	Muy Alta

Pendientes	Calificación	Susceptibilidad
>45°	3	Alta

Fuente: (Zavala et al., 2009).

Figura 2. Mapa de pendiente en el departamento de Áncash.



b. Litología

La litología juega un papel importante en la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa ya que la fuerza de los parámetros geotécnicos, como ángulo de fricción y cohesión, propiedades físicas y mecánicas, la resistencia a la intemperie, la deformación y modo de falla de las laderas varían ampliamente en las unidades litológicas (Sun et al., 2018; Tang et al., 2020).

En este estudio como se indicó anteriormente, se obtuvo el mapa litológico del INGEMMET a escala 1/100,000; además, la reclasificación y asignación de la susceptibilidad a cada clase se realizó con base al reporte del INGEMMET (Zavala et al., 2009). Vale mencionar que, la capa inicial del vector de litología fue convertido a ráster, para esto se creó un campo del valor de susceptibilidad al vector, luego se usó la herramienta de *reclassify by layer* de QGIS usando un ráster del área de estudio, en este último geoproceso, se asignó el valor de susceptibilidad del vector al ráster.

Tabla 17. Unidades litológicas y susceptibilidad a movimientos en masa.

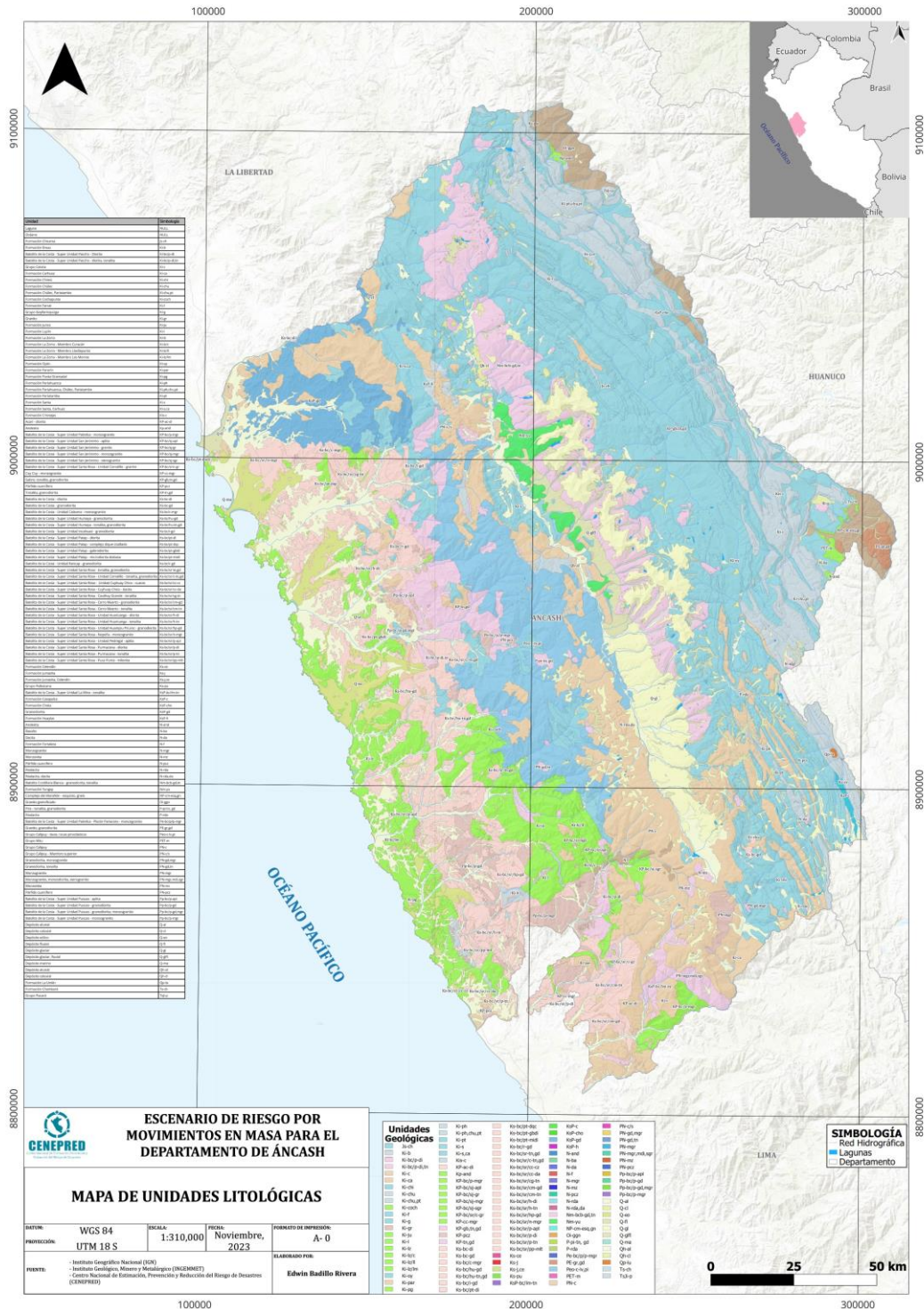
Simbología	Descripción	Susceptibilidad
KP-ac-di	Acarí - diorita	2
Kp-and	Andesita	2
N-and	Andesita	2
N-ba	Basalto	2
Nm-bcb-gd,tn	Batolito Cordillera Blanca - granodiorita, tonalita	3
Ks-bc-di	Batolito de la Costa - diorita	2
Ks-bc-gd	Batolito de la Costa - granodiorita	3
Ks-bc/hu-gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Humaya - granodiorita	3
Ks-bc/hu-tn,gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Humaya - tonalita, granodiorita	3
Ks-bc/i-gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Incahuasi - granodiorita	3
KsP-bc/lm-tn	Batolito de la Costa - Super Unidad La Mina - tonalita	3
Ki-bc/p-di	Batolito de la Costa - Super Unidad Paccho - Diorita	2
Ki-bc/p-di,tn	Batolito de la Costa - Super Unidad Paccho - diorita, tonalita	2
Ks-bc/pt-dqc	Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - complejo dique cizallado	2
Ks-bc/pt-di	Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - diorita	2
Ks-bc/pt-gbdi	Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - gabrodiorita	2
Ks-bc/pt-midi	Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - microdiorita diabasa	2
KP-bc/p-mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad Pativilca - monzogranito	2
Pe-bc/p/p-mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad Pativilca - Plutón Pariacoto - monzogranito	2
Pp-bc/p-apl	Batolito de la Costa - Super Unidad Puscao - aplita	1
Pp-bc/p-gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Puscao - granodiorita	1
Pp-bc/p-gd,mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad Puscao - granodiorita, monzogranito	1
Pp-bc/p-mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad Puscao - monzogranito	2
KP-bc/sj-apl	Batolito de la Costa - Super Unidad San Jerónimo - aplita	1
KP-bc/sj-gr	Batolito de la Costa - Super Unidad San Jerónimo - granito	1
KP-bc/sj-mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad San Jerónimo - monzogranito	2
KP-bc/sj-sgr	Batolito de la Costa - Super Unidad San Jerónimo - sienogranito	1
Ks-bc/sr/cc-cz	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Cuyhuay Chico - cuarzo	2
Ks-bc/sr/cg-tn	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Cauthuy Grande - tonalita	3

Simbología	Descripción	Susceptibilidad
Ks-bc/sr/cm-gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Cerro Muerto - granodiorita	3
Ks-bc/sr/cm-tn	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Cerro Muerto - tonalita	3
Ks-bc/sr/cc-da	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Cuyhuay Chico - dacita	3
Ks-bc/sr/n-mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Nepeña - monzogranito	2
Ks-bc/sr/pp-mlt	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Puca Punta - milonita	3
Ks-bc/sr/p-di	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Purmacana - diorita	2
Ks-bc/sr/p-tn	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Purmacana - tonalita	3
Ks-bc/sr-tn,gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - tonalita, granodiorita	3
KP-bc/sr/c-gr	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Corralillo - granito	1
Ks-bc/sr/c-tn,gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Corralillo - tonalita, granodiorita	3
Ks-bc/sr/hp-gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Huampiu Piruroc - granodiorita	3
Ks-bc/sr/h-di	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Huaricanga - diorita	2
Ks-bc/sr/h-tn	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Huaricanga - tonalita	3
Ks-bc/sr/p-apl	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - Unidad Pedregal - aplita	1
Ks-bc/c-mgr	Batolito de la Costa - Unidad Calavera - monzogranito	2
Ks-bc/r-gd	Batolito de la Costa - Unidad Rancap - granodiorita	3
NP-cm-esq,gn	Complejo del Marañón - esquisto, gneis	3
KP-cc-mgr	Coy Coy - monzogranito	2
N-da	Dacita	3
Q-al	Depósito aluvial	1
Qh-al	Depósito aluvial	1
Q-cl	Depósito coluvial	4
Qh-cl	Depósito coluvial	4
Q-eo	Depósito eólico	1
Q-fl	Depósito fluvial	1
Q-gl	Depósito glaciar	3
Q-gfl	Depósito glaciar, fluvial	2
Q-ma	Depósito marino	0.1
Ki-b	Formación Breas	2
Ki-ca	Formación Carhuaz	4
KsP-c	Formación Casapalca	3
Ks-ce	Formación Celendín	1
Ts-ch	Formación Chambará	1
Js-ch	Formación Chicama	4
Ki-chi	Formación Chimú	4
KsP-cho	Formación Chota	3
Ki-chu	Formación Chúlec	1
Ki-chu,pt	Formación Chúlec, Pariatambo	1
Ki-coch	Formación Cochapunta	2
Kis-c	Formación Crisnejas	1
Ki-f	Formación Farrat	4
N-f	Formación Fortaleza	1
KsP-h	Formación Huaylas	3
Ks-j	Formación Jumasha	1
Ks-j,ce	Formación Jumasha, Celendín	3
Ki-ju	Formación Junco	2
Qp-lu	Formación La Unión	2
Ki-lz	Formación La Zorra	2

Simbología	Descripción	Susceptibilidad
Ki-lz/c	Formación La Zorra - Miembro Curacán	2
Ki-lz/ll	Formación La Zorra - Miembro Llaclapunta	2
Ki-lz/lm	Formación La Zorra - Miembro Los Morros	2
Ki-l	Formación Lupín	2
Ki-oy	Formación Oyón	4
Ki-par	Formación Pararín	2
Ki-ph	Formación Pariahuanca	1
Ki-ph,chu,pt	Formación Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo	3
Ki-pt	Formación Pariatambo	1
Ki-pg	Formación Punta Gramadal	2
Ki-s	Formación Santa	4
Ki-s,ca	Formación Santa, Carhuaz	4
Nm-yu	Formación Yungay	2
KP-gb,tn,gd	Gabro, tonalita, granodiorita	3
Ki-gr	Granito	1
Oi-ggn	Granito gneisificado	1
PE-gr,gd	Granito, granodiorita	3
KsP-gd	Granodiorita	3
PN-gd,mgr	Granodiorita, monzogranito	1
PN-gd,tn	Granodiorita, tonalita	3
PN-c	Grupo Calipuy	2
Peo-c-lv,pi	Grupo Calipuy - lavas, rocas piroclásticas	2
PN-c/s	Grupo Calipuy - Miembro superior	2
Ki-c	Grupo Casma	2
Ki-g	Grupo Goyllarisquizga	4
PET-m	Grupo Mitu	2
TsJi-p	Grupo Pucará	1
Ks-pu	Grupo Pulluicana	1
N-mgr	Monzogranito	2
PN-mgr	Monzogranito	2
PN-mgr,mdi,sgr	Monzogranito, monzodiorita, sienogranito	1
N-mz	Monzonita	2
PN-mz	Monzonita	1
P-pi-tn, gd	Pira - tonalita, granodiorita	3
KP-pcz	Pórfido cuarcífero	2
N-pcz	Pórfido cuarcífero	2
PN-pcz	Pórfido cuarcífero	2
N-rda	Riodacita	2
P-rda	Riodacita	2
N-rda,da	Riodacita, dacita	2
KP-tn,gd	Tonalita, granodiorita	3

Fuente: Elaboración con base a INGEMMET.

Figura 3. Mapa de unidades litológicas en el departamento de Áncash.



c. Geomorfología

En general, la geomorfología resume información sobre la geometría, la disposición, los procesos de los accidentes geográficos (incluida su duración y tasa de formación), la naturaleza y estructura de las formaciones de superficie correlativa y roca madre (Ndonbou et al., 2022). Las características del terreno y

los procesos que modelan la superficie deben ser entendidos en el análisis de movimientos en masa, por lo que se consideran un factor indispensable en su análisis, ya que están relacionados con procesos geodinámicos de masa (Zavala et al., 2009).

En este estudio como se indicó anteriormente, se obtuvo el mapa geomorfológico del INGEMMET a escala 1/100,000; además, la reclasificación y asignación de la susceptibilidad a cada clase se realizó con base al reporte del INGEMMET (Zavala et al., 2009). Vale mencionar que, la capa inicial del vector de geomorfología fue convertido a ráster, para esto se creó un campo del valor de susceptibilidad al vector, luego se usó la herramienta de *reclassify by layer* de QGIS usando un ráster del área de estudio, este último geoproceto asigna el valor de susceptibilidad del vector al ráster.

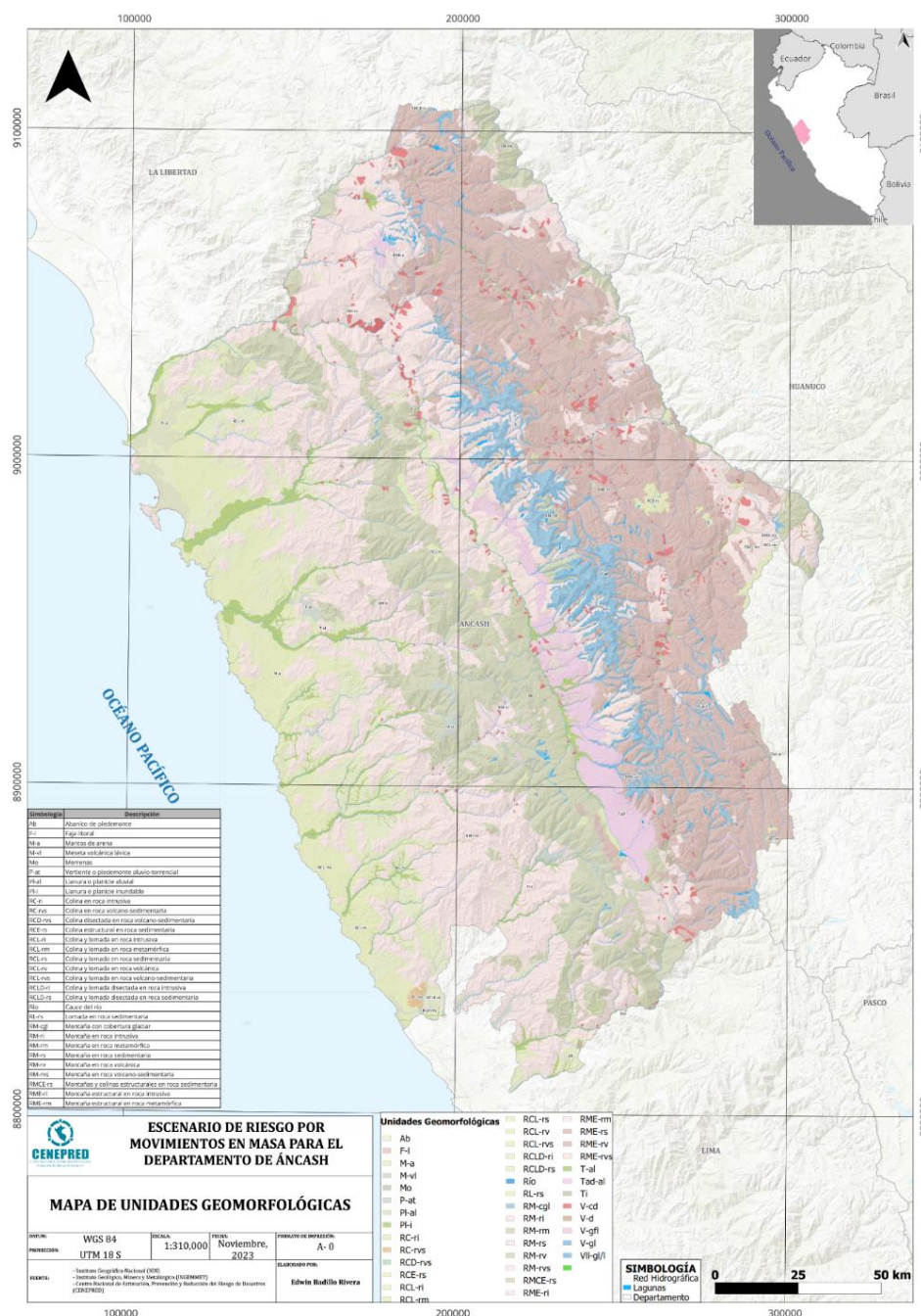
Tabla 18. Unidades geomorfológicas y susceptibilidad a movimientos en masa.

Simbología	Descripción	Susceptibilidad
Ab	Abanico de piedemonte	2
F-l	Faja litoral	0.1
M-a	Mantos de arena	0.1
M-vl	Meseta volcánica lávica	2
Mo	Morrenas	3
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	2
PI-al	Llanura o planicie aluvial	1
PI-i	Llanura o planicie inundable	1
RC-ri	Colina en roca intrusiva	1
RC-rvs	Colina en roca volcano-sedimentaria	2
RCD-rvs	Colina disectada en roca volcano-sedimentaria	3
RCE-rs	Colina estructural en roca sedimentaria	2
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva	2
RCL-rm	Colina y lomada en roca metamórfica	2
RCL-rs	Colina y lomada en roca sedimentaria	2
RCL-rv	Colina y lomada en roca volcánica	2
RCL-rvs	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria	2
RCLD-ri	Colina y lomada disectada en roca intrusiva	3
RCLD-rs	Colina y lomada disectada en roca sedimentaria	3
Río	Cauce del río	0.1
RL-rs	Lomada en roca sedimentaria	2
RM-cgl	Montaña con cobertura glaciar	4
RM-ri	Montaña en roca intrusiva	4
RM-rm	Montaña en roca metamórfica	4
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria	3
RM-rv	Montaña en roca volcánica	4
RM-rvs	Montaña en roca volcano-sedimentaria	4
RMCE-rs	Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria	3
RME-ri	Montaña estructural en roca intrusiva	3
RME-rm	Montaña estructural en roca metamórfica	4
RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria	3
RME-rv	Montaña estructural en roca volcánica	3
RME-rvs	Montaña estructural en roca volcano-sedimentaria	3
T-al	Terraza aluvial	1
Tad-al	Terraza alta disectada aluvial	1
Ti	Terraza indiferenciada	1

Simbología	Descripción	Susceptibilidad
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	4
V-d	Vertiente coluvial de detritos	3
V-gfl	Vertiente glacio-fluvial	3
V-gl	Vertiente glacial o de gelifracción	3
VII-gl/I	Valle glaciar con laguna	3

Fuente: Elaboración en base a INGEMMET.

Figura 4. Mapa de unidades geomorfológicas en el departamento de Áncash.



d. Hidrogeología

Las condiciones hidrogeológicas (factor litológico y estructural) y movimiento del agua subterránea se relacionan directamente con la ocurrencia de movimientos en masa, después de lluvias intensas o durante largos periodos de lluvia que puede acumular agua subterránea debido a que el talud no ha drenado el agua infiltrada; la cantidad de agua infiltrada es determinada por las características de la precipitación y la estructura geológica, pendiente y tipo de cobertura vegetal, una alta infiltración puede generar problemas de presión de poros y generar deslizamientos (Zavala et al., 2009).

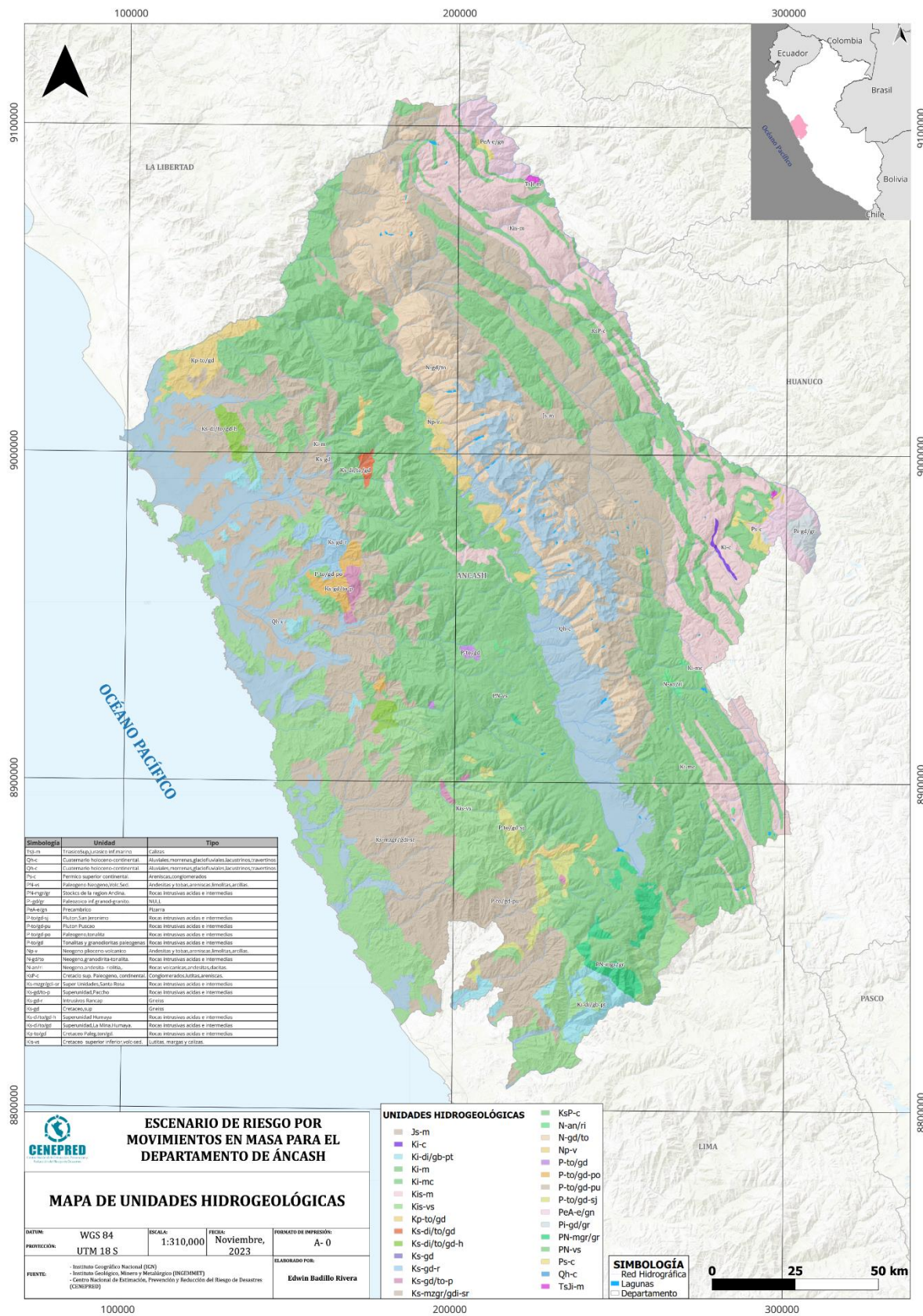
En este estudio como se indicó anteriormente, se obtuvo el mapa hidrogeológico del INGEMMET a escala 1/100,000; además, la reclasificación y asignación de la susceptibilidad a cada clase se realizó con base al reporte del INGEMMET (Zavala et al., 2009). Vale mencionar que, la capa inicial del vector de hidrogeología fue convertida a ráster, para esto se creó un campo del valor de susceptibilidad al vector, luego se usó la herramienta de *reclassify by layer* de QGIS usando un ráster del área de estudio, en este último geoproceso se asigna el valor de susceptibilidad del vector al ráster.

Tabla 19. Unidades hidrogeológicas y susceptibilidad a movimientos en masa.

Simbología	Unidad	Descripción	Susceptibilidad
Kis-vs	Cretáceo superior inferior,volcano-sedimentario.	Lutitas, margas y calizas.	1
Ki-m	Cretáceo Inferior Marino.	Calizas	1
Kis-m	Cretáceo Inferior superior Marino.	Lutitas,intercaladas con calizas, margas	2
Ki-c	Cretáceo inferior continental	Areniscas,lodolitas	2
Kp-to/gd	Cretáceo Paleg.ton/gd.	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
Ks-gd	Cretáceo superior	Gneiss	3
KsP-c	Cretáceo superior Paleógeno, continental.	Conglomerados,lutitas,areniscas.	2
Ki-mc	Cretáceo inferior Marino Continental	Alternancia de lutitas y arenas	4
Qh-c	Cuaternario holoceno-continental.	Aluviales,morrenas,glaciofluviales,lacustrinos,travertinos	0.1
Qh-c	Cuaternario holoceno-continental.	Aluviales,morrenas,glaciofluviales,lacustrinos,travertinos	2
Ks-gd-r	Intrusivos Rancap	Gneiss	3
Js-m	Jurásico superior marino	Lutitas y Margas.	4
Np-v	Neógeno plioceno-volcánico	Andesitas y tobas,areniscas,limolitas,arcillas.	1
N-an/ri	Neógeno, andesita- riolítica,.	Rocas volcánicas,andesitas,dacitas.	2
N-gd/to	Neógeno, granodiorita-tonalita.	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
PN-vs	Paleógeno Neógeno volcano sedimentario	Andesitas y tobas,areniscas,limolitas,arcillas.	1
P-to/gd-po	Paleógeno, tonalita	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
Ps-c	Pérmico superior continental.	Areniscas,conglomerados	2
P-to/gd-pu	Plutón Puscao	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
P-to/gd-sj	Plutón, San Jerónimo	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
PeA-e/gn	Precámbrico	Pizarra	3
PN-mgr/gr	Stockcs de la región andina.	Rocas intrusivas acidas e intermedias	1
Ks-mzgr/gdi-sr	Super Unidades Santa Rosa	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
Ks-di/to/gd-h	Superunidad Humaya	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
Ks-di/to/gd	Superunidad,La Mina,Humaya.	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
Ks-gd/to-p	Superunidad,Paccho	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
Ki-di/gb-pt	Superunidad,Patap.	Rocas intrusivas básicas	2
P-to/gd	Tonalitas y granodioritas paleógenas	Rocas intrusivas acidas e intermedias	2
TsJi-m	Triásico superior,Jurásico inferior marino	Calizas	1

Fuente: Elaboración en base a INGEMMET.

Figura 5. Mapa de unidades hidrogeológicas en el departamento de Áncash.



e. Cobertura vegetal y área degradada

La cobertura vegetal influye en las propiedades hidrológicas y físicas del suelo, mejora la cohesión, fortalece la matriz y aumenta el potencial mátrico a través de la evapotranspiración e interceptación (Corina Pineda et al., 2016). Se usó la cobertura de áreas degradadas que, para el departamento de Áncash, incluye los cambios en la cobertura vegetal, pérdida o fragmentación de tierra, de cobertura vegetal y de bosques, estos afectan directamente los procesos de infiltración, así como la capacidad de las raíces de la cobertura vegetal para sostener el suelo de las laderas por acción humana o natural (incendios forestales), que disminuye la estabilidad de las pendientes en temporadas de lluvias (Nelson, 2015), generando zonas más susceptibles a movimientos en masa.

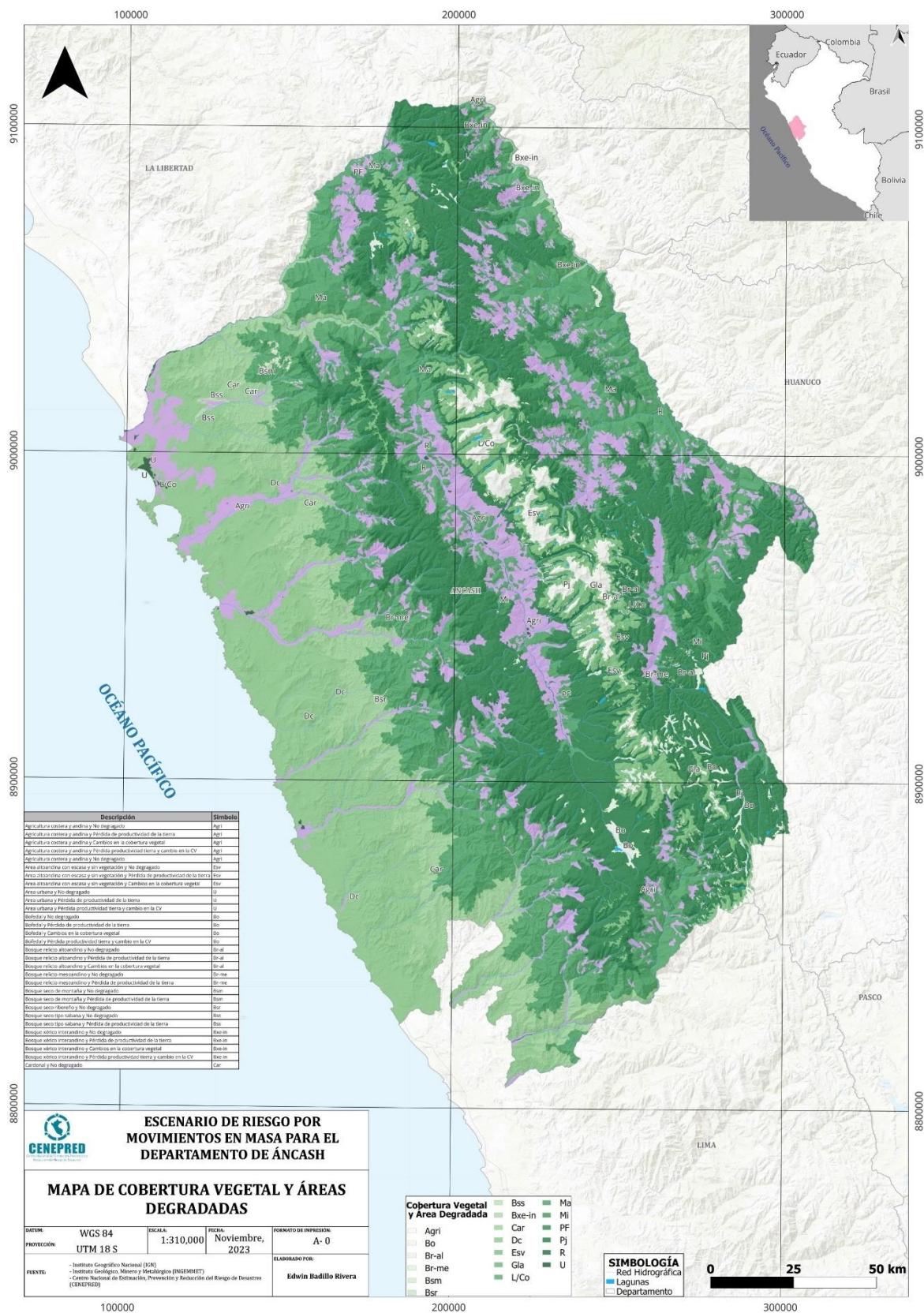
En este estudio se combinó el mapa de cobertura vegetal del Ministerio del Ambiente de escala 1/100,000 (al 2011) y el mapa de áreas degradadas del Ministerio del Ambiente (en formato ráster) de tamaño de píxel de 30m (al 2021). Para realizar este geoproceso se convirtieron los ráster a formato vectorial usando la herramienta *raster>poligonize (raster to vector)* de QGIS. Luego se realizó la interceptación del ráster de la capa de cobertura vegetal y área degradada usando la herramienta de *vector>geoprocessing tool>intersection*. En esta última capa, se agregó un campo al vector resultante de la intersección para asignar el valor de la susceptibilidad. Los valores de susceptibilidad asignados están condicionados por la fisiografía y área degradada en cada cobertura vegetal, para esto se usó el informe de Mapa Nacional de Cobertura Nacional del MINAM (2015), en donde se describe cada unidad de cobertura vegetal y la fisiografía de las coberturas vegetales; aquellas zonas con una fisiografía muy escarpada y cuya cobertura vegetal está fragmentada, degradada o perdida se le asignó el valor máximo de susceptibilidad 4, para coberturas vegetales en montañas, colinas y lomadas se asignó el valor de 3 y 2 de susceptibilidad en función del tipo de cobertura vegetal y, finalmente para zonas con pendientes bajas, se asignó el valor de susceptibilidad de 1 y 0.1. Finalmente, se usó la herramienta de *reclassify by layer* de QGIS usando un ráster del área de estudio, este último geoproceso asigna el valor de susceptibilidad del vector al ráster.

Tabla 20. Unidades de cobertura vegetal y área degradada y susceptibilidad a movimientos en masa.

Símbolo	Cobertura vegetal (2015)	Área degradada (2021)	Susceptibilidad
Agri	Agricultura costera y andina	No degradado	1
Agri	Agricultura costera y andina	Pérdida de productividad de la tierra	1
Agri	Agricultura costera y andina	Pérdida productividad tierra y cambio en la CV	1
Esv	Área altoandina con escasa y sin vegetación	No degradado	2
Esv	Área altoandina con escasa y sin vegetación	Pérdida de productividad de la tierra	2
Esv	Área altoandina con escasa y sin vegetación	Cambios en la cobertura vegetal	3
U	Área urbana	-	2
Bo	Bofedal	No degradado	0.1
Bo	Bofedal	Pérdida de productividad de la tierra	1
Bo	Bofedal	Cambios en la cobertura vegetal	1
Bo	Bofedal	Pérdida productividad tierra y cambio en la CV	1
Br-al	Bosque relicto altoandino	No degradado	2
Br-al	Bosque relicto altoandino	Pérdida de productividad de la tierra	2
Br-al	Bosque relicto altoandino	Cambios en la cobertura vegetal	3
Br-me	Bosque relicto mesoandino	No degradado	2

Símbolo	Cobertura vegetal (2015)	Área degradada (2021)	Susceptibilidad
Br-me	Bosque relicto mesoandino	Pérdida de productividad de la tierra	3
Bsm	Bosque seco de montaña	No degradado	1
Bsm	Bosque seco de montaña	Pérdida de productividad de la tierra	3
Bsr	Bosque seco ribereño	No degradado	0.1
Bss	Bosque seco tipo sabana	No degradado	0.1
Bss	Bosque seco tipo sabana	Pérdida de productividad de la tierra	1
Bxe-in	Bosque xérico interandino	No degradado	1
Bxe-in	Bosque xérico interandino	Pérdida de productividad de la tierra	2
Bxe-in	Bosque xérico interandino	Cambios en la cobertura vegetal	2
Bxe-in	Bosque xérico interandino	Pérdida productividad tierra y cambio en la CV	2
Car	Cardonal	No degradado	2
Car	Cardonal	Pérdida de productividad de la tierra	3
Car	Cardonal	Cambios en la cobertura vegetal	3
Car	Cardonal	Pérdida productividad tierra y cambio en la CV	3
Mi	Centro minero	No degradado	3
Mi	Centro minero	Pérdida de productividad de la tierra	3
Dc	Desierto costero	-	0.1
Gla	Glaciar	-	3
L/Co	Lagunas, lagos y cochas	-	1
Ma	Matorral arbustivo	No degradado	4
Ma	Matorral arbustivo	Pérdida de productividad de la tierra	4
Ma	Matorral arbustivo	Cambios en la cobertura vegetal	4
Ma	Matorral arbustivo	Pérdida productividad tierra y cambio en la CV	4
Pj	Pajonal andino	No degradado	2
Pj	Pajonal andino	Pérdida de productividad de la tierra	3
Pj	Pajonal andino	Cambios en la cobertura vegetal	3
Pj	Pajonal andino	Pérdida productividad tierra y cambio en la CV	3
PF	Plantación Forestal	No degradado	1
PF	Plantación Forestal	Pérdida de productividad de la tierra	1
PF	Plantación Forestal	Cambios en la cobertura vegetal	1

Figura 6. Mapa de cobertura vegetal y área degradada en el departamento de Áncash.



f. Factor desencadenante

Como factor desencadenante se usó las anomalías de lluvia en eventos El Niño Global 1983/84-1997/98 y El Niño Costero (2016/17 y 2023) y precipitación máxima (P99). Los rásters del factor desencadenante fueron recortados al área de estudio usando la herramienta de *raster>extraction>clip by mask layer* de QGIS. Luego fueron reclasificados usando la metodología propuesta por el SENAMHI, índice estandarizado de precipitación (SPI), en el documento “Lluvias máximas - escenarios críticos – con información climática durante el Fenómeno El Niño” (SENAMHI, 2023) y se asignó un valor a cada rango de anomalías de precipitación.

Para el caso de las precipitaciones máximas bajo el percentil 99, se usó el umbral de lluvia antecedente a movimientos en masa propuesto para la región Pacífico 1 y Andes 2 que ocupa gran parte de la superficie de Áncash (Millán et al., 2022). Existen 2 umbrales propuestos para la región, se usó el mayor umbral, es decir, el de los Andes 2, ya que es la zona en donde predominan los procesos de movimientos en masa verificados por el INGEMMET en el inventario de peligros geológicos, aproximadamente 1225 registros (sin considerar flujos). A partir de este umbral de 40mm (P99), las zonas que lo superen están expuestas a un nivel “Muy Alto” o “Extremadamente húmedo” mayor al 250% de anomalías de precipitación que tiene el potencial de generar un movimiento en masa como lluvia antecedente.

La reclasificación de cada ráster del factor desencadenante se realizó usando la herramienta *reclassify by table* de QGIS, en donde se le asignó a cada rango de anomalía o precipitación máxima el valor de la susceptibilidad del factor desencadenante. Vale indicar que, para fines del geoprocésamiento entre el factor condicionante y desencadenante en QGIS, se homogenizó los ráster de precipitación, reduciendo las dimensiones del píxel de 100m y 11000m a 30m para el caso de anomalías lluvia de Fenómeno El Niño y precipitación máxima bajo el P99 respectivamente.

Tabla 21. Factor desencadenante y peso asignado a cada rango de anomalía para el Escenario- 1.

Anomalías de Lluvia en EFMA en (FEN83/98/17/23)	Nivel	Valor SFD
< 15% normal o déficit de lluvia	Bajo	0.01
15% - 100% (Moderadamente húmedo)	Medio	0.5
100% - 250% (Muy húmedo)	Alto	0.8
>250% (Extremadamente húmedo)	Muy Alto	1.0

Tabla 22. Factor desencadenante y peso asignado a cada rango de anomalía para el Escenario- 2.

Precipitación máxima diaria bajo el Percentil 99 (P99)	Nivel	Valor SFD
0.0 <= (P99) <= 10.0 mm	Bajo	0.01
10.1 < (P99) <= 20.0 mm	Medio	0.5
20.1 < (P99) <= 40.0 mm	Alto	0.8
(P99)>=40.1 mm	Muy Alto	1.0

Figura 7. Mapa de anomalía de precipitación en eventos de El Niño (EFMA) en el departamento de
Áncash.

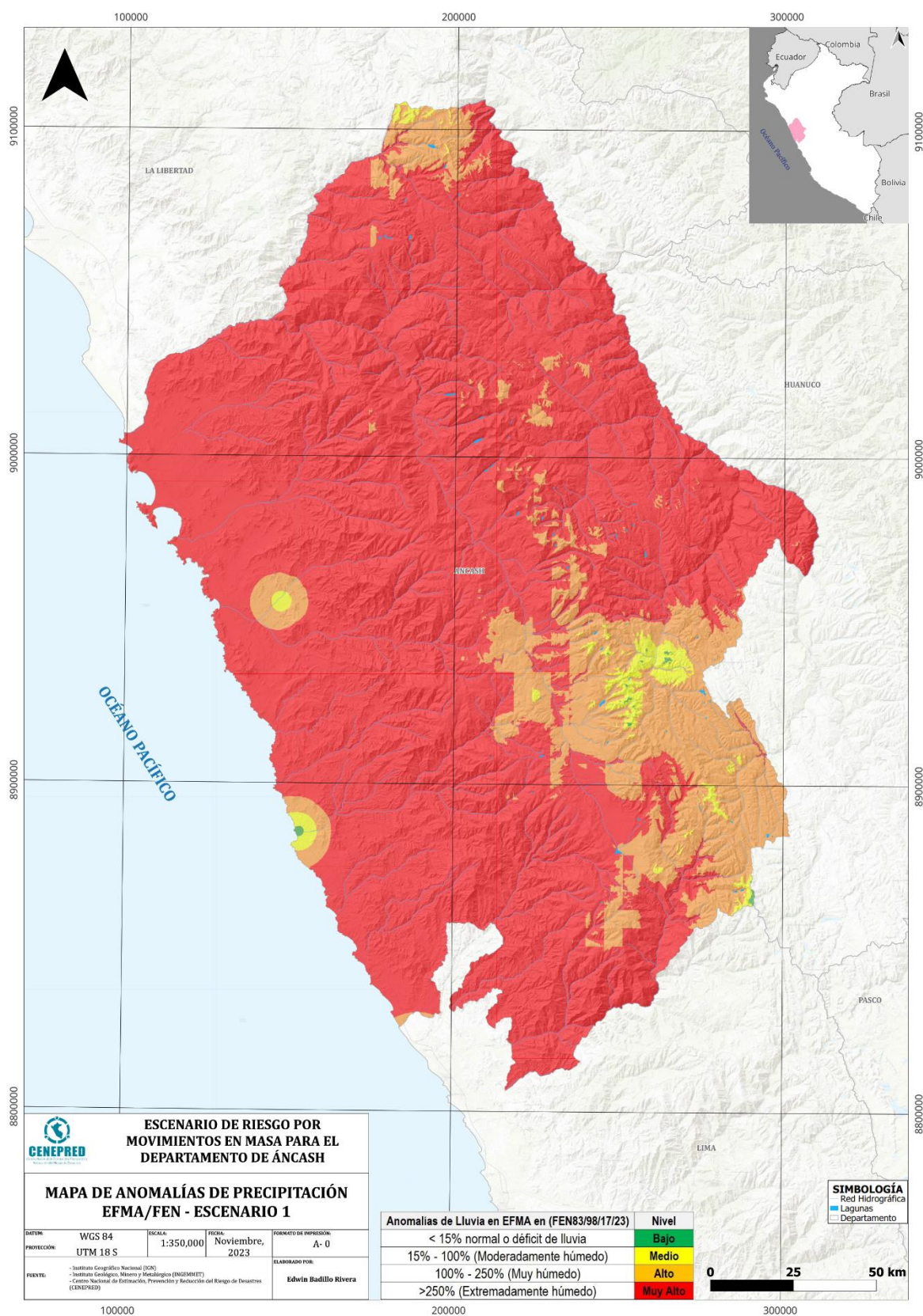
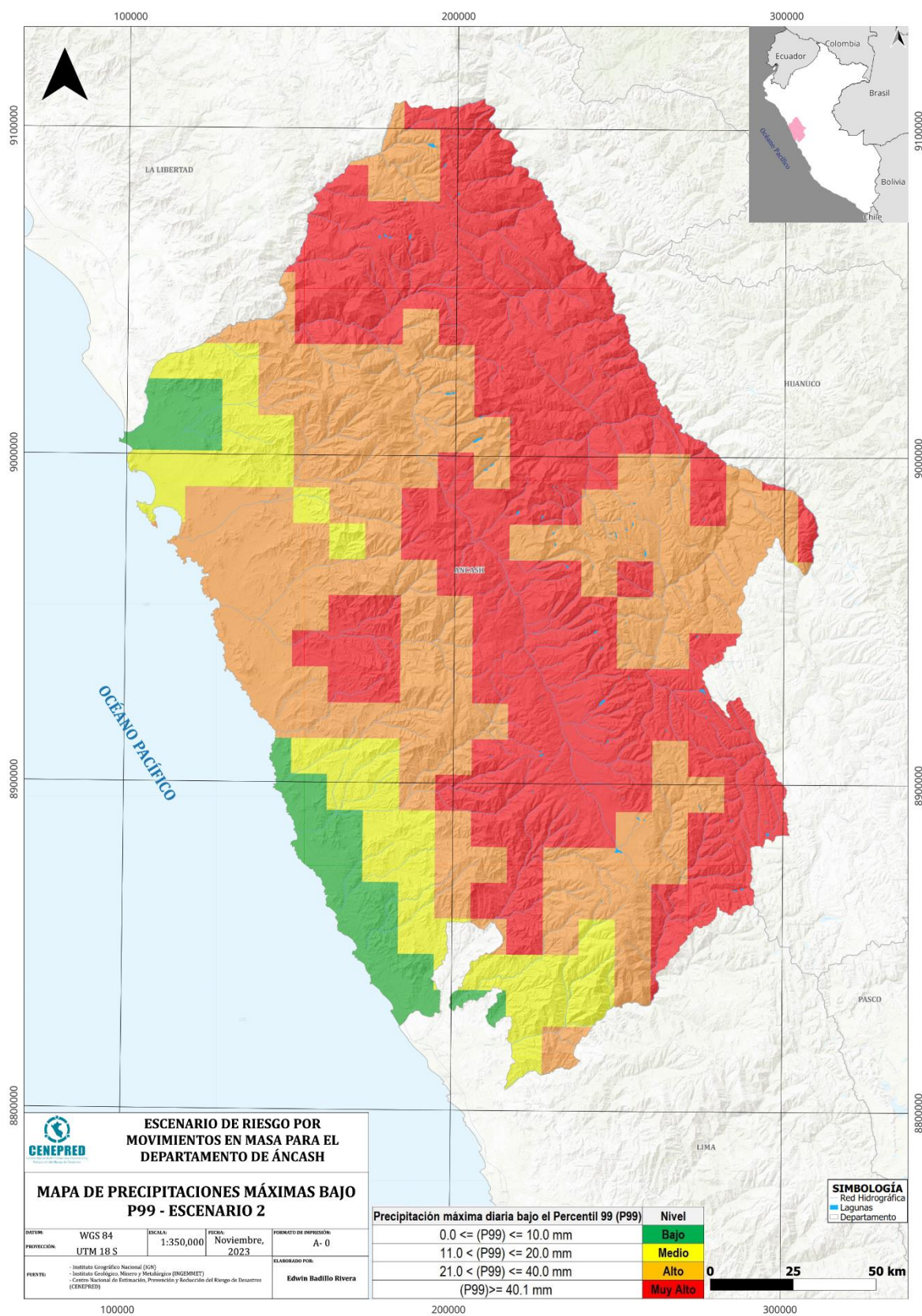


Figura 8. Mapa de precipitación máxima diaria bajo el percentil 99 (P99) para en el departamento de Áncash.



g. Inventario de fenómenos de movimientos en masa

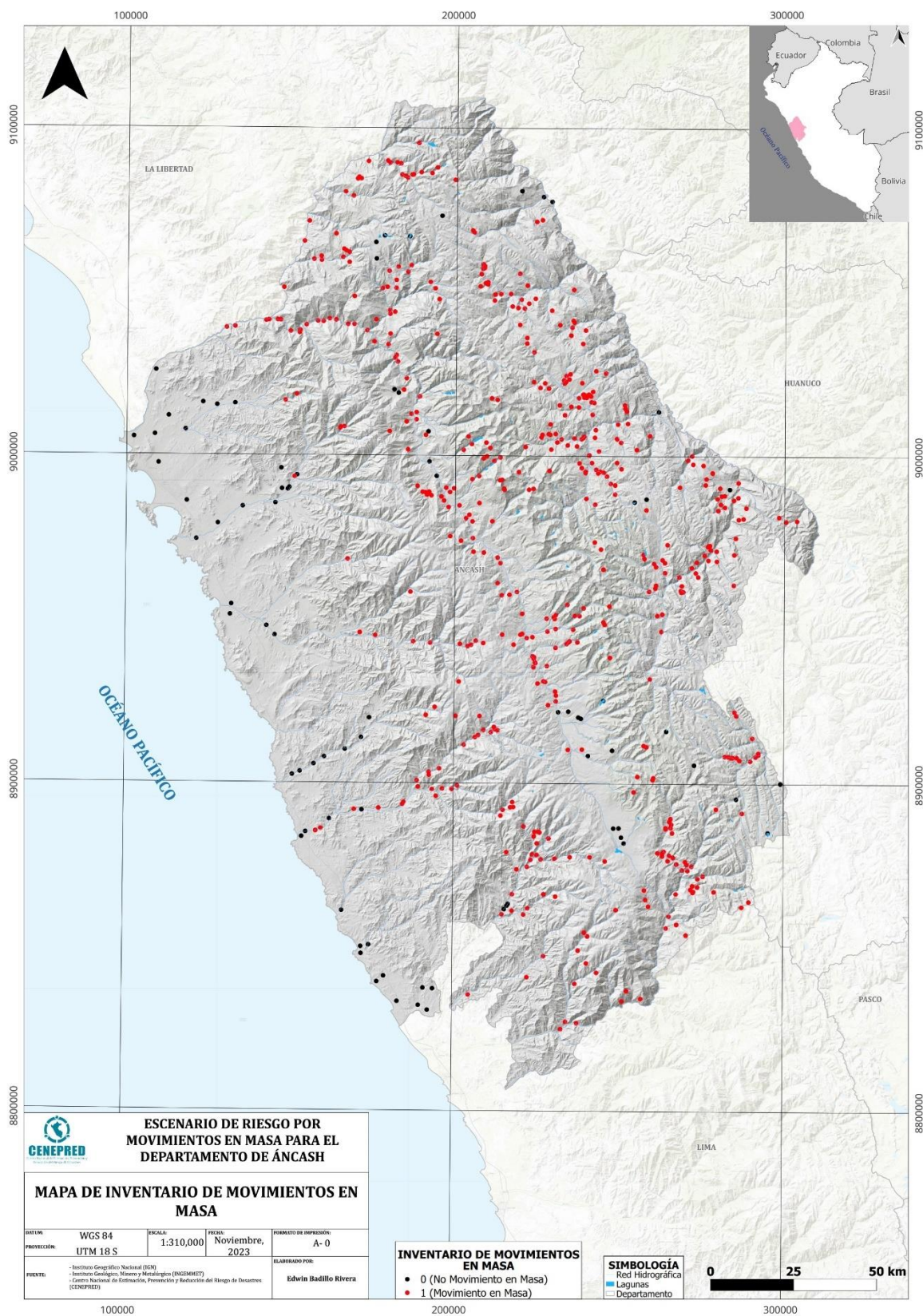
El inventario de fenómenos de movimientos en masa, representan información sobre la distribución espacial de la localización de los movimientos en masa, además, proporciona información crucial en el estudio de las relaciones entre la ocurrencia de los movimientos en masa y los factores que la causan (Achour et al., 2017; Pourghasemi et al., 2012). El inventario usado en este estudio fue realizado por el INGEMMET, y se trata de información que fue recopilada por INDECI y el INGEMMET, que se complementó con información fotointerpretada en gabinete a partir de imágenes satelitales y verificadas en un extenso de trabajo de campo, que fue llevada a cabo por el equipo técnico del INGEMMET. Vale indicar que la información del inventario cuenta con información hasta el 2023 (última actualización).

Además, con la finalidad de considerar zonas potencialmente peligrosas de origen glaciar, como desbordes violentos de lagunas glaciares (GLOF) y avalanchas, se consideró usar el inventario de glaciares y lagunas de origen glaciar al año 2020 proporcionado por el INAIGEM (Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar (INGLOG II)). De toda la cobertura glaciar, solo se consideró a aquellas unidades glaciares cuya pendiente promedio es mayor a 25° , que es un umbral en el que se puede considerar que para zonas tropicales son susceptibles a avalanchas y GLOF (Gilany & Iqbal, 2019; Somos-Valenzuela et al., 2016), además, en cuanto a lagunas de origen glaciar, solo se consideró a lagunas que están en contacto glaciar, proglaciares (en contacto con unidades glaciares y rodeadas de morrenas) y supraglaciares (formadas sobre las unidades glaciares). Tanto para los glaciares y para las lagunas, se obtuvo el centroide de cada geoforma criosférica de alta montaña con la herramienta *vector>geometry tools>centroids* de QGIS, el 20% (28 geoformas) de estos vectores del tipo punto fueron agregados al inventario generado por el INGEMMET.

Se seleccionaron 500 puntos de movimientos en masa del total de puntos descargados del INGEMMET, que fueron escogidos al azar con la herramienta *vector>research tool>random selection* de QGIS. Además, se incluyeron zonas que no presentan movimientos en masa, ubicados en zonas planas o litologías competentes apoyado por imágenes satelitales de muy alta resolución espacial disponibles en Google Earth Pro y SASPlanet.

Estos puntos de movimiento y no movimientos en masa, fueron usados para verificar la capacidad de predicción del mapa de susceptibilidad y de los escenarios de peligro bajo la estadística de la curva ROC, que mide la fiabilidad de la asociación de los factores condicionantes y desencadenantes con la ocurrencia de movimientos en masa.

Figura 9. Mapa de inventario de movimientos en masa en el departamento de Áncash.



3.2 Análisis de los elementos expuestos

Determinar la vulnerabilidad social, económica y ambiental en ámbitos departamentales de los diferentes elementos expuestos y con escasa información o información dispersa es compleja; por lo tanto, en este estudio se presenta la exposición al peligro por movimientos en masa (que es una de las características centrales de la evaluación de la vulnerabilidad) para determinar los elementos en riesgo.

La exposición al peligro se debe entender como la cantidad del elemento expuesto (densidad poblacional, número de viviendas/hospitales/colegios, longitud de carreteras, etc) por unidad de área en un rango de peligro o expuesto al peligro. Con la finalidad de mantener la coherencia del análisis de los elementos expuestos con los resultados de peligro, se normalizó los valores de elementos expuestos en una escala de 0 a 1 usando la siguiente ecuación.

$$\text{Valor normalizado} = \frac{Vx - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde “Vx”, es el valor observado del elemento expuesto, “Vmin”, valor mínimo en todo el rango del elemento expuesto, “Vmax”, valor máximo en todo el rango del elemento expuesto. Luego se realizó la clasificación de los elementos expuestos en cuatro (4) rangos de exposición, “bajo”, “medio”, “alto” y “muy alto”. Esta normalización se realizó para los elementos expuestos de centros poblados y distritos. Solo para los centros poblados se consideró excluir del proceso de la normalización a centros poblados con más de 200 habitantes y 60 viviendas, que son los valores máximos en un gráfico de bigotes, es decir, se excluyeron a los valores atípicos del proceso de normalización, en estos casos, se les asignó el valor de máxima exposición (1). El gráfico de bigote o de cajas (se muestra en los anexos), representa la distribución de los datos en cuartiles, además, muestra el promedio y valores atípicos de los datos, estos últimos se excluyen del proceso de normalización.

Por otro lado, para determinar el valor de exposición se aplicó el método heurístico (cualitativo), a saber, al valor de la vivienda y población se le asignó un valor de 0.5.

$$\text{Nivel de exposición} = PTn(0.5) + VTn(0.5) \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde, “PTn” y “VTn” representan la población y vivienda total normalizados respectivamente.

Finalmente, los valores de exposición a nivel de centro poblado y a nivel de distrito se clasificaron en cuatro (4 rangos) de exposición: “Bajo”, “Medio”, “Alto” y “Muy Alto”.

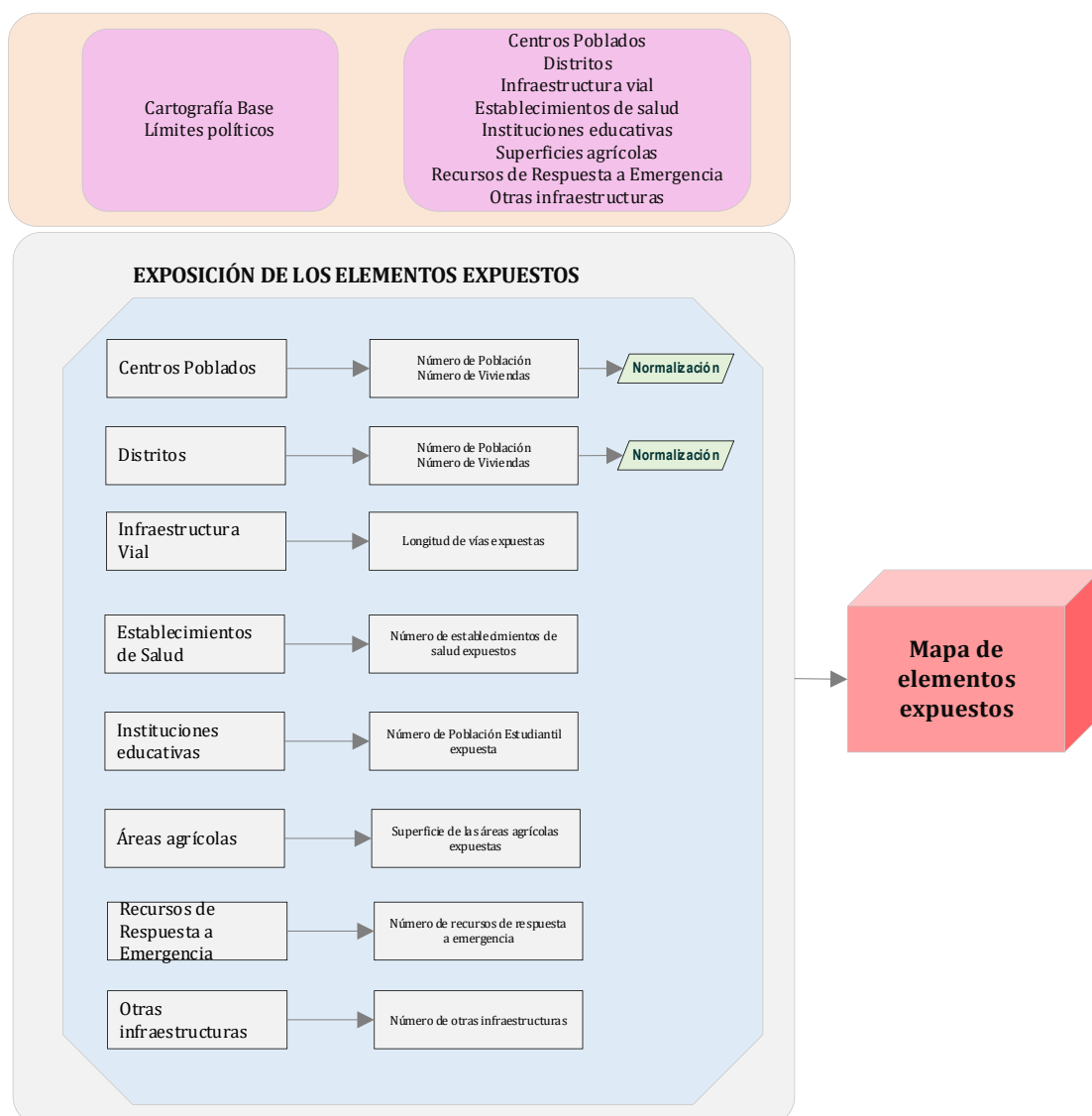
Tabla 23. Niveles de exposición de centros poblados y distritos.

Valor de Exposición	Nivel de Exposición
$0.000 \leq E \leq 0.010$	Bajo
$0.011 \leq E \leq 0.100$	Medio
$0.101 \leq E \leq 0.350$	Alto
$0.351 \leq E \leq 1.000$	Muy Alto

Para el caso de instituciones educativas, establecimientos de salud, infraestructura y superficies agrícolas se realizó la exposición al peligro como criterio para zonificar el riesgo, con relación a su ubicación espacial del peligro, según los resultados obtenidos para los Escenarios de Riesgo 1 y 2.

En el siguiente gráfico se muestra los elementos expuestos que se han considerado en el estudio en el ámbito departamental.

Gráfico 5. Flujograma de evaluación de elementos expuestos.



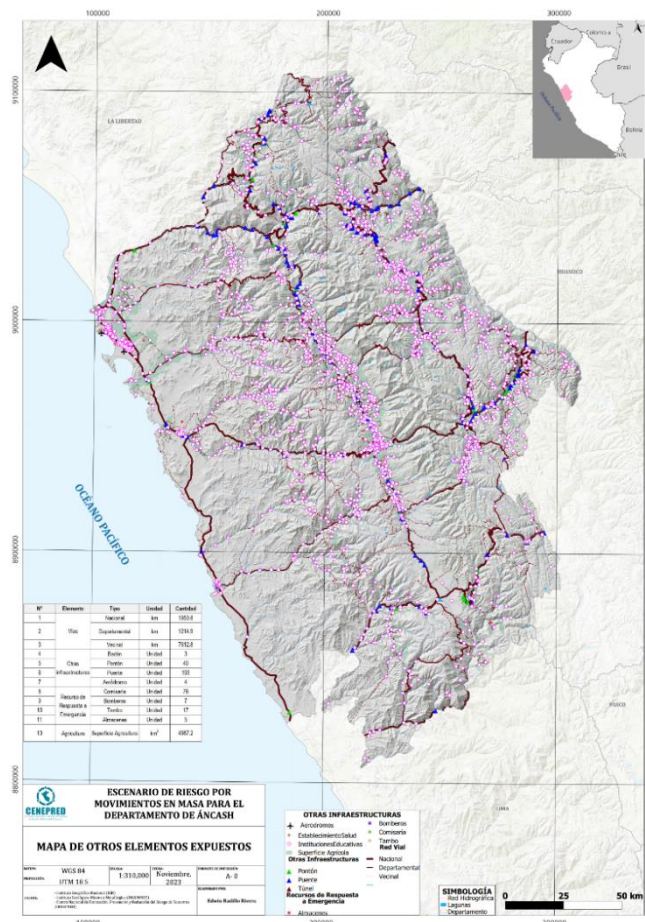
A continuación, se presenta la tabla resumen de los elementos expuestos en los que se realizará el análisis de exposición por la superposición o intersección con el peligro, dando como resultado el escenario de riesgo.

Tabla 24. Tabla resumen de elementos expuestos.

N°	Elemento	Tipo	Unidad	Cantidad
1	Vías	Nacional	km	1950.8
2		Departamental	km	1214.9
3		Vecinal	km	7612.8
4	Otra infraestructura	Badén	Unidad	3
5		Pontón	Unidad	40
6		Puente	Unidad	193
7		Aeródromo y puertos	Unidad	4
8	Recurso de Respuesta a Emergencia	Comisaría	Unidad	76
9		Bomberos	Unidad	7
10		Tambo	Unidad	17
11		Almacenes	Unidad	5
13	Agricultura	Superficie Agricultura	km ²	4987.2

En la siguiente figura se muestra el mapa de la ubicación espacial de los elementos expuestos del tipo, vías de comunicación, otras infraestructuras, recursos de respuesta a emergencia y superficie agrícola.

Figura 10. Otros elementos expuestos del departamento de Áncash.



3.3 Determinación de los escenarios de riesgo

Para determinar los escenarios de riesgo para el Escenario-1 y el Escenario-2, se utilizó los sistemas de información geográfica (SIG). Estos escenarios de riesgo resultan de la multiplicación y superposición espacial entre cada escenario de peligro con los elementos expuestos analizados en el capítulo previo.

Para esto se realizó la conversión de los ráster de cada escenario de peligro a formato vectorial usando la herramienta de poligonizar de QGIS, finalmente se realizó la multiplicación o superposición espacial entre los escenarios de peligro y los elementos expuestos utilizando la calculadora ráster de QGIS, como producto se obtuvo dos escenarios de riesgo para cada elemento expuesto.

3.3.1 Escenario de Riesgo 1

El Escenario de Riesgo 1 resulta de la multiplicación espacial entre peligro por movimientos en masa del Escenario 1 (escenario de Fenómeno El Niño) por los elementos expuestos. Para el caso de los centros poblados, la clasificación está en función de la siguiente tabla de niveles de riesgo.

Tabla 25. Niveles de Riesgo, Escenario 1.

Valor de Peligro (A)	Valor de Exposición (B)	Valor de Riesgo (A*B)	Nivel de Riesgo	Rango de Riesgo
0.332	0.010	0.003	Bajo	$0.000 \leq R \leq 0.003$
0.509	0.100	0.051	Medio	$0.004 \leq R \leq 0.051$
0.656	0.350	0.229	Alto	$0.052 \leq R \leq 0.229$
1.000	1.000	1.000	Muy Alto	$0.230 \leq R \leq 1.00$

En cuanto al elemento expuesto de distritos, el nivel de riesgo fue asignado usando una matriz de doble entrada que permite evaluar la combinación de los factores de peligro y exposición al peligro.

Tabla 26. Nivel de Riesgo para el elemento expuesto distritos.

Peligro	Nivel de Riesgo			
	Muy Alto	Medio	Alto	Muy Alto
Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Exposición	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

Por último, para los elementos expuestos de vías de comunicación (incluidos puentes, pontón, badén, aeródromo), instituciones educativas, establecimientos de salud, recursos de respuesta a emergencia y

agricultura (superficie agrícola), la determinación de los niveles de riesgo se realizó usando el cruce espacial entre los elementos expuestos y el nivel de peligro, el nivel de este último se les asignó a los elementos expuestos como nivel de riesgo, es decir, para una institución educativa que se ubica en zona de peligro “Alto” le corresponde un nivel de exposición “Alto” y por lo tanto, un nivel de riesgo “Alto”.

3.3.2 Escenario de Riesgo 2

El Escenario de Riesgo 2 resulta de la multiplicación espacial entre peligro por movimientos en masa del Escenario 2 (anomalías de precipitación expresados en P99) y los elementos expuestos. Para el caso de los centros poblados, al igual que en el Escenario de Riesgo 1, la clasificación está en función de la siguiente tabla de niveles de riesgo.

Tabla 27. Niveles de Riesgo, Escenario 2.

Valor de Peligro (A)	Valor de Exposición (B)	Valor de Riesgo (A*B)	Nivel de Riesgo	Rango de Riesgo
0.332	0.010	0.003	Bajo	$0.000 \leq R \leq 0.003$
0.509	0.100	0.051	Medio	$0.004 \leq R \leq 0.051$
0.656	0.350	0.229	Alto	$0.052 \leq R \leq 0.229$
1.000	1.000	1.000	Muy Alto	$0.230 \leq R \leq 1.00$

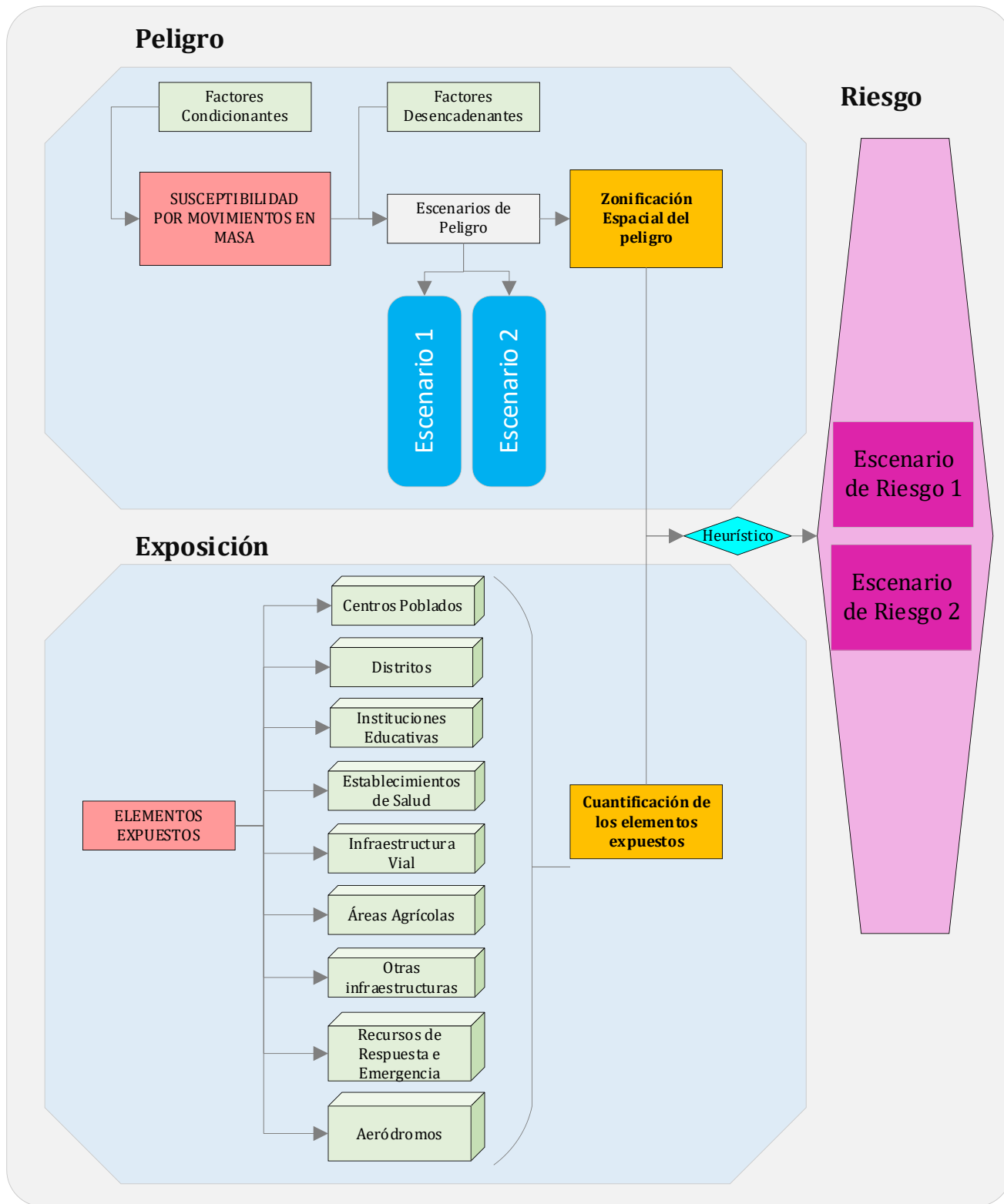
En cuanto al elemento expuesto de distritos, el nivel de riesgo fue asignado usando una matriz de doble entrada que permite evaluar la combinación de los factores de niveles de peligro del Escenario-2 y el nivel de exposición de los distritos.

Tabla 28. Nivel de Riesgo para el elemento expuesto distritos.

Peligro	Nivel de Riesgo			
Muy Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Exposición	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

Por último, para los elementos expuestos de vías de comunicación (incluidos puentes, pontón, badén, aeródromo), instituciones educativas, establecimientos de salud, recursos de respuesta a emergencia y agricultura (superficie agrícola), la determinación de los niveles de riesgo se realizó usando el cruce espacial entre los niveles de peligro del Escenario-2 y los elementos, el nivel peligro se les asignó a los elementos expuestos como nivel de riesgo, es decir, para una institución educativa que se ubica en zona de peligro “Alto” le corresponde un nivel de exposición “Alto” y por lo tanto, un nivel de riesgo “Alto”.

Gráfico 6. Flujograma de evaluación de escenarios de riesgo.



CAPÍTULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Susceptibilidad por movimientos en masa

En este capítulo se presenta la susceptibilidad por movimientos en masa sobre la base del modelo que propone el INGEMMET para el departamento de Áncash.

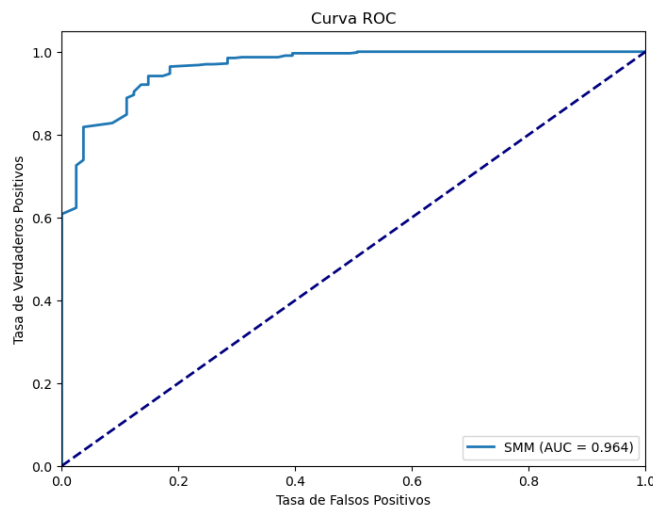
En la siguiente tabla se muestra los niveles de susceptibilidad del departamento de Áncash.

Tabla 29. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa por factores condicionantes.

Nivel	Rango
Bajo	$0.000 \geq SMM \leq 0.389$
Medio	$0.390 \geq SMM \leq 0.511$
Alto	$0.512 \geq SMM \leq 0.630$
Muy Alto	$0.631 \geq SMM \leq 1.000$

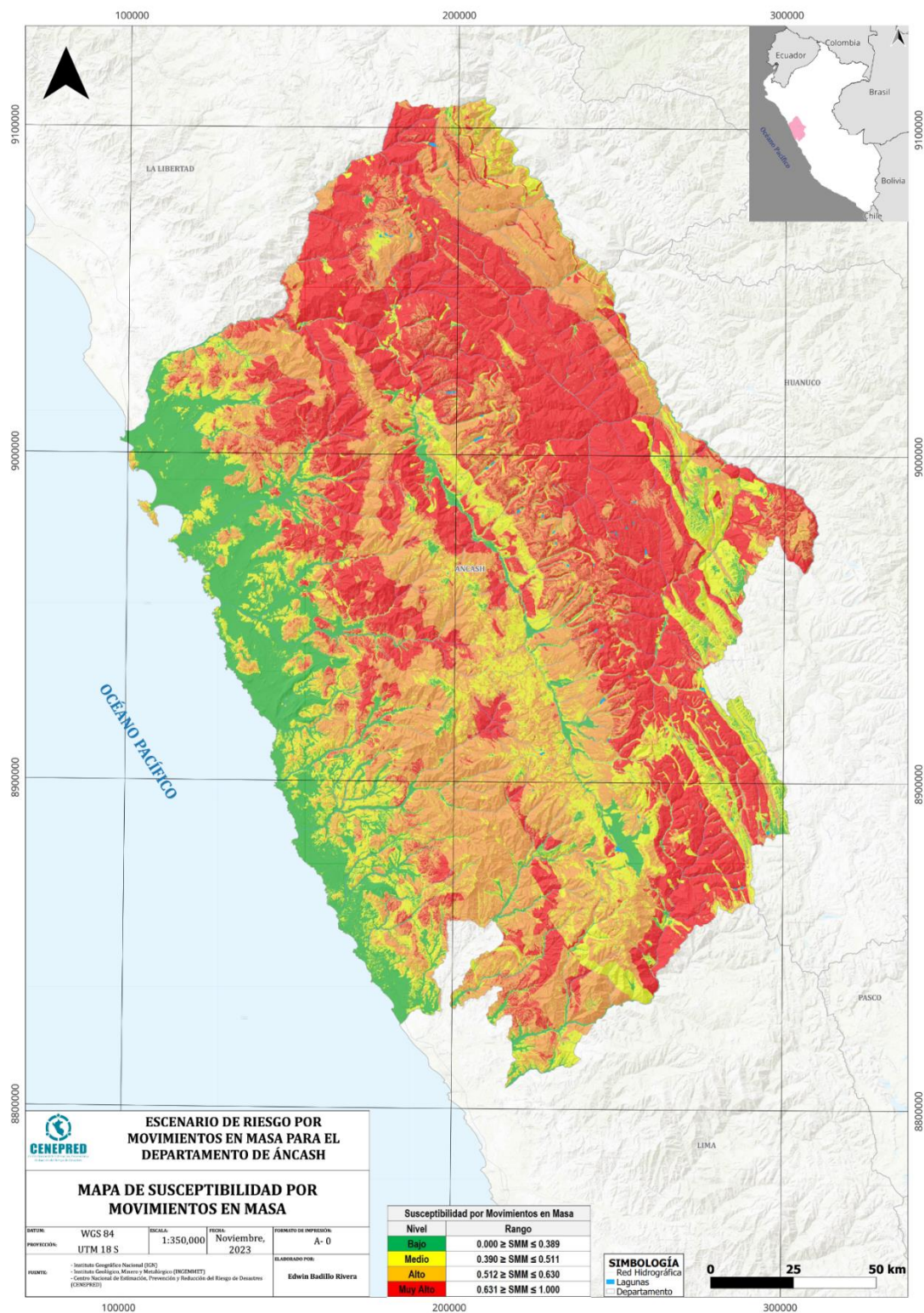
Se verificó la capacidad de predicción del mapa de susceptibilidad bajo la estadística de la curva ROC, que mide la fiabilidad de la asociación de los factores condicionantes con la ocurrencia de movimientos en masa. Se obtuvo un valor de AUC 0.964; valor que es superior al valor de $AUC > 0.9$ considerado como un excelente modelo de la precisión de predicción de la susceptibilidad a movimientos en masa por factores condicionantes, según lo señalado por Pourghasemi et al., (2013). Además, se verificó que el 77.4% de movimientos en masa (del inventario de peligros del INGEMMET, 500 vectores de tipo punto) espacialmente están en los niveles “Alto” y “Muy Alto” de susceptibilidad, mientras que, para el mapa de susceptibilidad del INGEMMET el 70.0% de los movimientos en masa están espacialmente en los niveles más altos de susceptibilidad, “Alto” y “Muy Alto”. Vale mencionar que, también se verificó este procedimiento con los escenarios de peligro, resultando que, el 91.6% y 89.0% del total de puntos analizados están en los niveles “Alto” y “Muy Alto” del Escenario de Peligro-1 y 2 respectivamente.

Gráfico 7. Valor de AUC del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.



En el siguiente mapa se muestra la susceptibilidad a movimientos en masa por factores condicionantes para el departamento de Áncash.

Figura 11. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para Áncash.



4.2 Peligro por movimientos en masa en ámbito departamental

4.2.1 Escenario 1 (E-1) – Fenómeno El Niño

En este apartado se presenta el mapa de peligro por movimientos en masa bajo el escenario de un Fenómeno El Niño Global o Costero para el departamento de Áncash. En la siguiente tabla se presenta los rangos de peligro producto de la multiplicación espacial entre el factor condicionante y desencadenante.

Tabla 30. Niveles de peligro por movimientos en masa en el ámbito departamental.

Nivel	Valor de SFC (0.85) A	Valor SFD (0.15) B	Valor de Peligro A*B
Bajo	0.389	0.100	0.332
Medio	0.511	0.500	0.509
Alto	0.630	0.800	0.656
Muy Alto	1.000	1.000	1.000

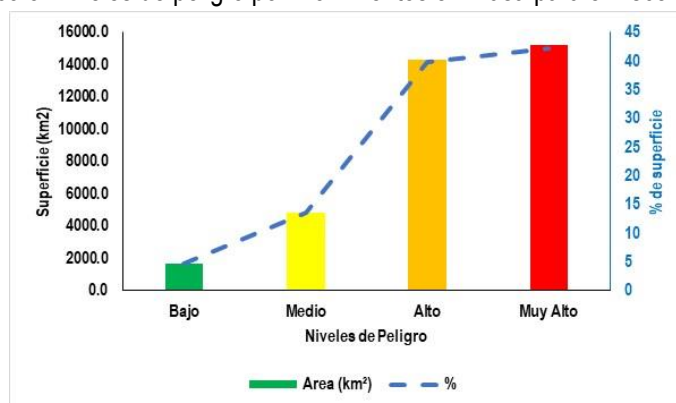
La superficie expuesta (en km²) a los diferentes niveles de peligro para el Escenario-1 en el departamento de Áncash se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 31. Superficie expuesta al peligro por movimientos en masa en el departamento de Áncash.

Nivel	Área (km ²)	%
Bajo	1646.5	4.6
Medio	4831.9	13.4
Alto	14295.1	39.8
Muy Alto	15159.6	42.2

En el departamento de Áncash, -bajo un escenario de Fenómeno El Niño, el 39.8% de su territorio está en un nivel de peligro “Alto” y el 42.2% en un nivel “Muy Alto” de peligro, por último, el 18.0% restante está en un nivel de peligro “Medio” y “Bajo” del total de su territorio. Vale mencionar que, se verificó el mapa de peligro bajo la estadística de la curva ROC haciendo uso del inventario de movimientos en masa, se obtuvo un valor de AUC de 0.965 (ver anexos), lo cual muestra que tiene una excelente capacidad de predicción de movimientos en masa relacionado a los factores condicionantes y desencadenantes, pues el valor de AUC es mayor a 0.9 (Pourghasemi et al., 2013).

Gráfico 8. Niveles de peligro por movimientos en masa para el Escenario-1.



En el siguiente mapa se presenta el mapa de peligro por movimientos en masa en el ámbito departamental para el Escenario 1 del Fenómeno El Niño.

Figura 12. Mapa de peligro por movimientos en masa para Áncash para el E-1.

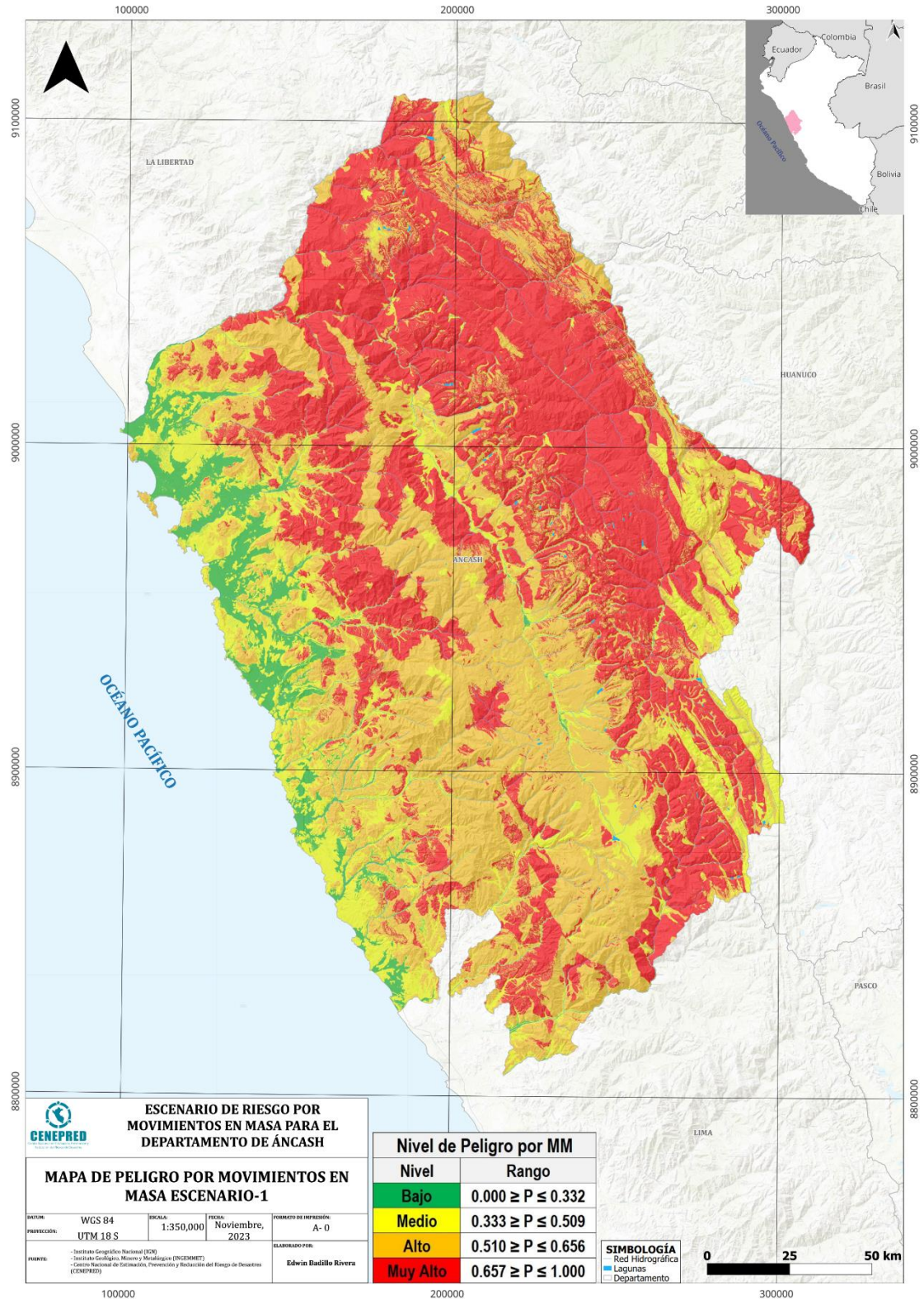
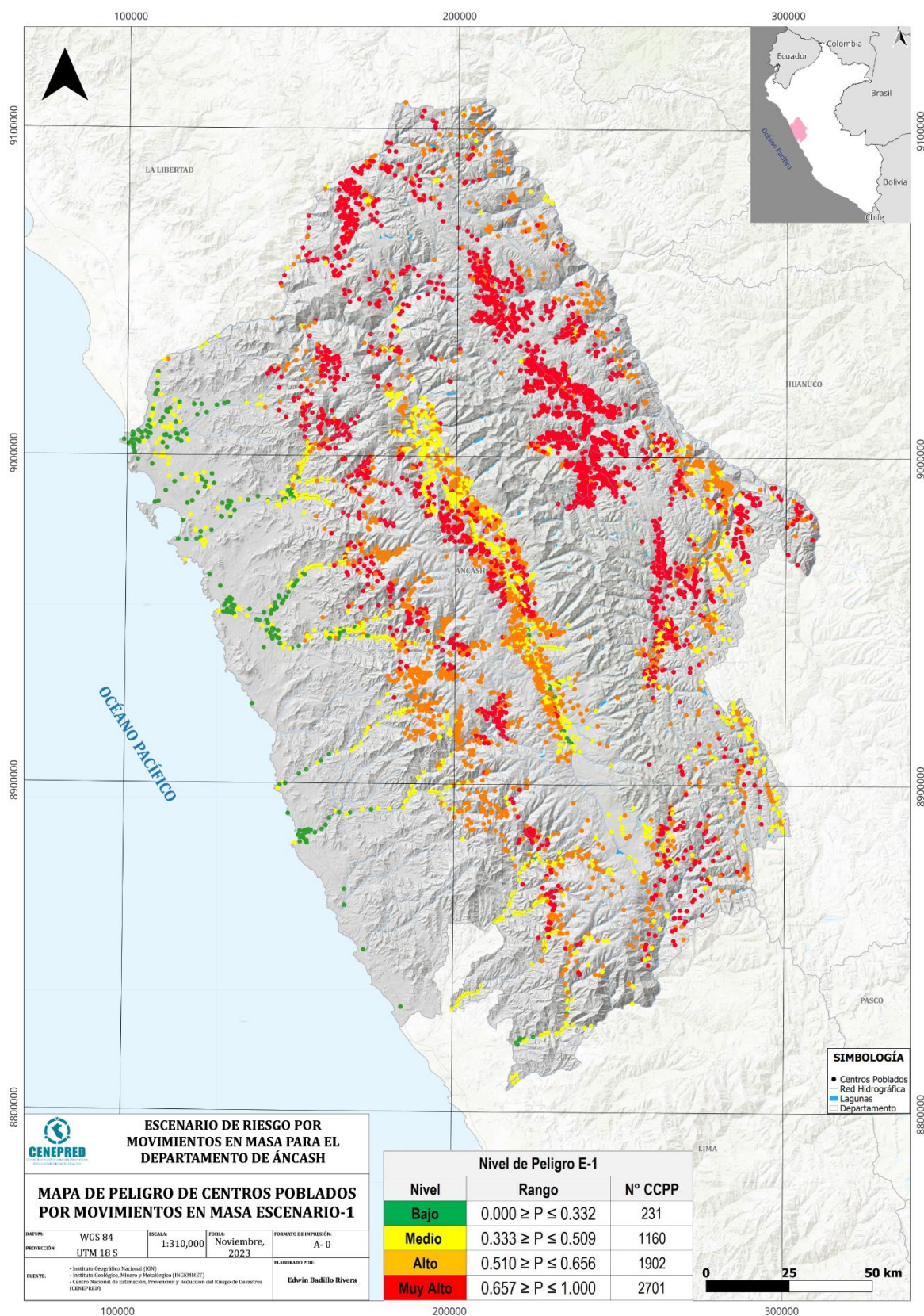


Figura 13. Mapa de peligro de centros poblados por movimientos en masa para el E-1.



En la siguiente tabla se muestra los niveles de peligro por movimientos en masa cuantificados a nivel de centros poblados y distrital para el departamento de Áncash, en este último, como se indicó en el apartado metodológico, el nivel de peligro fue estimado considerando como criterio la asignación del nivel de peligro que presenta mayor superficie o el más predominante en toda la extensión del distrito. En los anexos, se presenta la tabla completa de los niveles de peligro en cada distrito expresados bajo superficie y porcentajes.

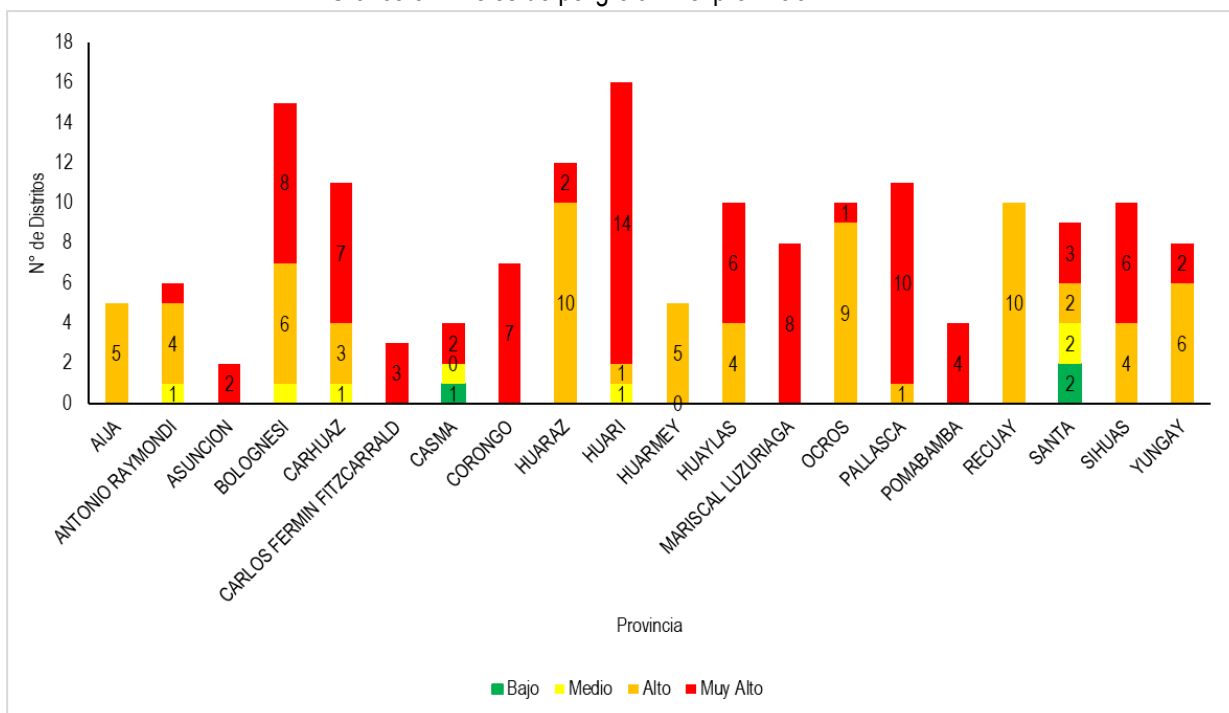
De manera general, en el departamento de Áncash, para el Escenario de Peligro-1, predominan los centros poblados en el nivel de peligro “Muy Alto”, 2701 centros poblados (45.1%), seguido del nivel “Alto”, 1902 centros poblados (31.7%), y en menor cantidad los centros poblados en los niveles “Medio” y “Bajo”, que en conjunto suman 1391 (23.3%). En cuanto al peligro a nivel distrital, predomina el nivel de peligro “Muy Alto”, en total 86 distritos, seguido de 70 distritos en el nivel “Alto”, lo restante 7 y 3 distritos están en los niveles “Medio” y “Bajo” respectivamente. Lo que equivale a decir que aproximadamente el 42% de los distritos están en el nivel de peligro “Alto” y el 52% en el nivel “Muy Alto”.

Tabla 32. Número de centros poblados y distritos por niveles de peligro a nivel provincial.

Provincia	Niveles de Peligro Escenario-1							
	Bajo		Medio		Alto		Muy Alto	
	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos
Aija	0	0	16	0	104	5	72	0
Antonio Raymondi	0	0	40	1	141	4	33	1
Asunción	0	0	0	0	2	0	115	2
Bolognesi	0	0	144	1	144	6	143	8
Carhuaz	0	0	71	1	111	3	118	7
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	0	6	0	16	0	198	3
Casma	70	1	72	1	10	0	6	2
Corongo	0	0	6	0	6	0	51	7
Huaraz	4	0	127	0	392	10	139	2
Huari	0	0	86	1	133	1	332	14
Huarmey	33	0	44	0	56	5	1	0
Huaylas	0	0	156	0	112	4	123	6
Mariscal Luzuriaga	0	0	1	0	20	0	260	8
Ocros	7	0	64	0	59	9	31	1
Pallasca	0	0	22	0	150	1	244	10
Pomabamba	0	0	8	0	34	0	261	4
Recuay	10	0	80	0	159	10	37	0
Santa	107	2	117	2	48	2	148	3
Sihuas	0	0	6	0	60	4	242	6
Yungay	0	0	94	0	145	6	147	2
Total	231	3	1160	7	1902	70	2701	86
%	3.9	1.8	19.4	4.2	31.7	42.2	45.1	51.8

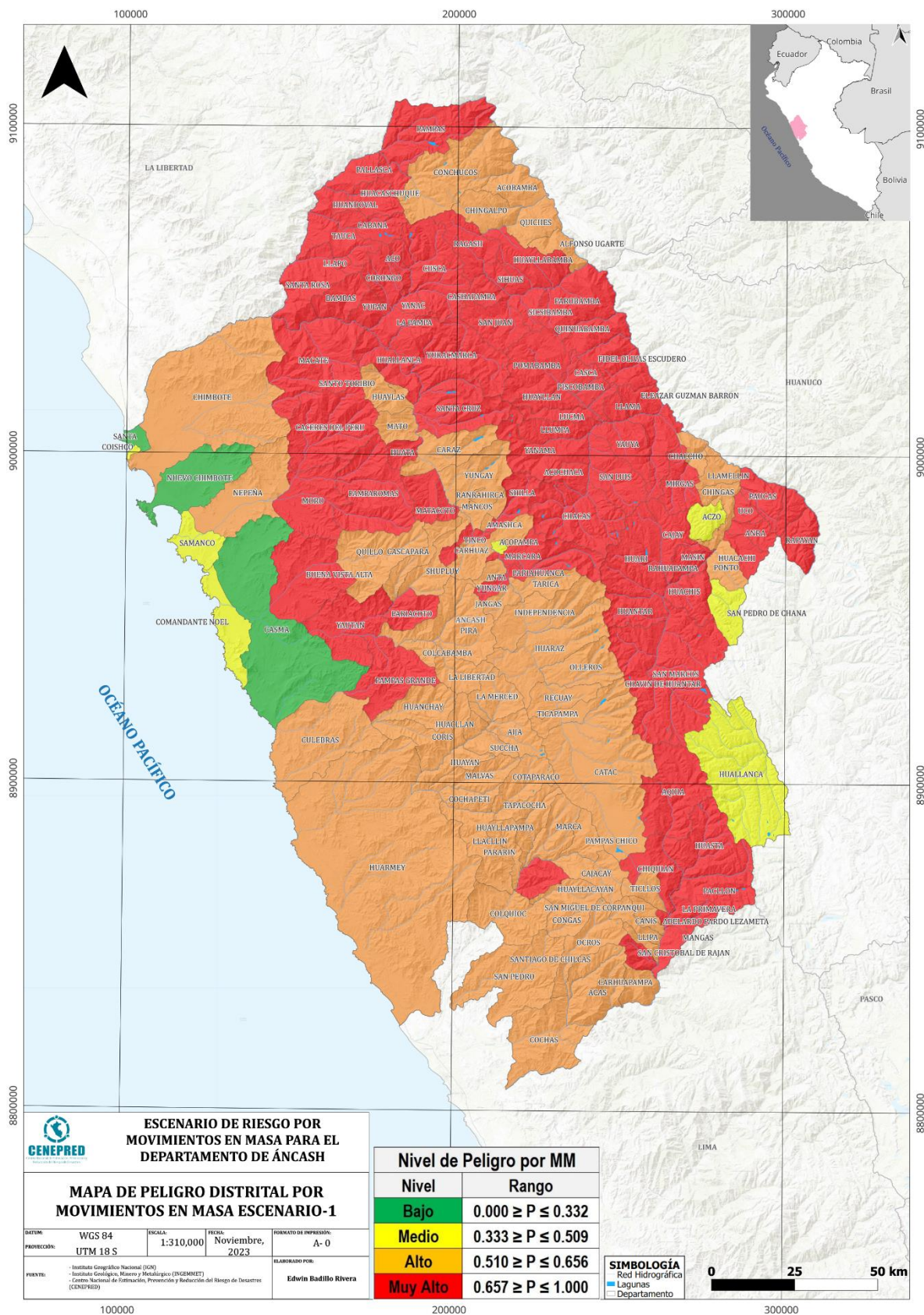
Las provincias de Bolognesi, Carhuaz, Huaraz, Huari, Huaylas, Ocros, Pallasca, Recuay y Siguanay presentan la mayor cantidad de distritos con el nivel de peligro “Alto” y “Muy Alto” (~64% del total de distritos).

Gráfico 9. Niveles de peligro a nivel provincial.



En la siguiente figura se presenta el mapa de peligro por movimientos en masa a nivel distrital para el Escenario 1 del Fenómeno El Niño. Del análisis visual de los resultados del peligro a nivel distrital para el departamento de Áncash, se observa que los distritos ubicados en la Cordillera Blanca (flanco oriental de Áncash) en su mayoría presentan un nivel de peligro de “Muy Alto”, de igual forma, distritos ubicados en el flanco occidental de Áncash, presentan un nivel de peligro de “Alto” en su mayoría.

Figura 14. Mapa de peligro por movimientos en masa a nivel distrital.



4.2.2 Escenario 2 (E-2) – Precipitaciones máxima diarias bajo el P99

En este apartado se presenta el mapa de peligro por movimientos en masa bajo el escenario de precipitaciones máximas diarias bajo el percentil 99 (P99), Escenario-2, para el departamento de Áncash. En la siguiente tabla se presenta los rangos de peligro producto de la multiplicación espacial entre el factor condicionante y desencadenante.

Tabla 33. Niveles de peligro por movimientos en masa en el ámbito departamental.

Nivel	Valor de SFC (0.85) A	Valor SFD (0.15) B	Valor de Peligro A*B
Bajo	0.389	0.100	0.332
Medio	0.511	0.500	0.509
Alto	0.630	0.800	0.656
Muy Alto	1.000	1.000	1.000

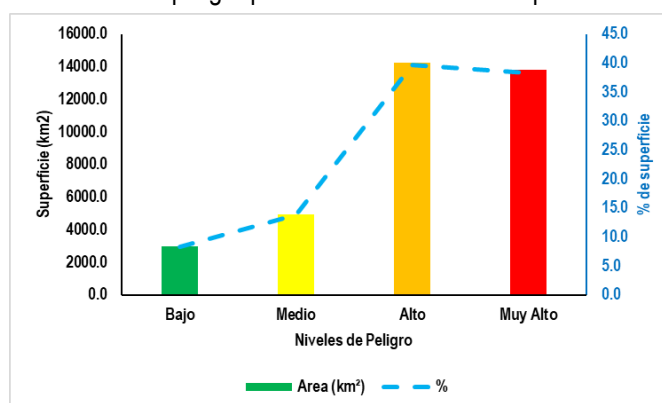
La superficie expuesta (en km²) a los diferentes niveles de peligro para el Escenario-2 en el departamento de Áncash se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 34. Superficie expuesta al peligro por movimientos en masa en el departamento de Áncash.

Nivel	Área (km ²)	%
Bajo	2957.6	8.2
Medio	4933.8	13.7
Alto	14258.7	39.7
Muy Alto	13782.9	38.4

En el departamento de Áncash, bajo el escenario de precipitaciones máximas diarias (P99), el 39.7% de su territorio está en un nivel de peligro “Alto” y el 38.4% en el nivel de peligro “Muy Alto”, por último, el 22.0% restante está en el nivel de peligro “Medio” y “Bajo” del total de su territorio. Vale mencionar que, se verificó el mapa de peligro bajo la estadística de la curva ROC haciendo uso del inventario de movimientos en masa, se obtuvo un valor de AUC de 0.960 (ver anexos), lo cual muestra que tiene una excelente capacidad de predicción de movimientos en masa y una fuerte asociación entre los factores condicionantes y desencadenantes, pues el valor de AUC es mayor a 0.9 (Pourghasemi et al., 2013).

Gráfico 10. Niveles de peligro por movimientos en masa para el Escenario-2.



En el siguiente mapa se presenta el mapa de peligro por movimientos en masa en el ámbito departamental para el Escenario 2 de precipitaciones máximas bajo el P99.

Figura 15. Mapa de peligro por movimientos en masa para Áncash para el E-2.

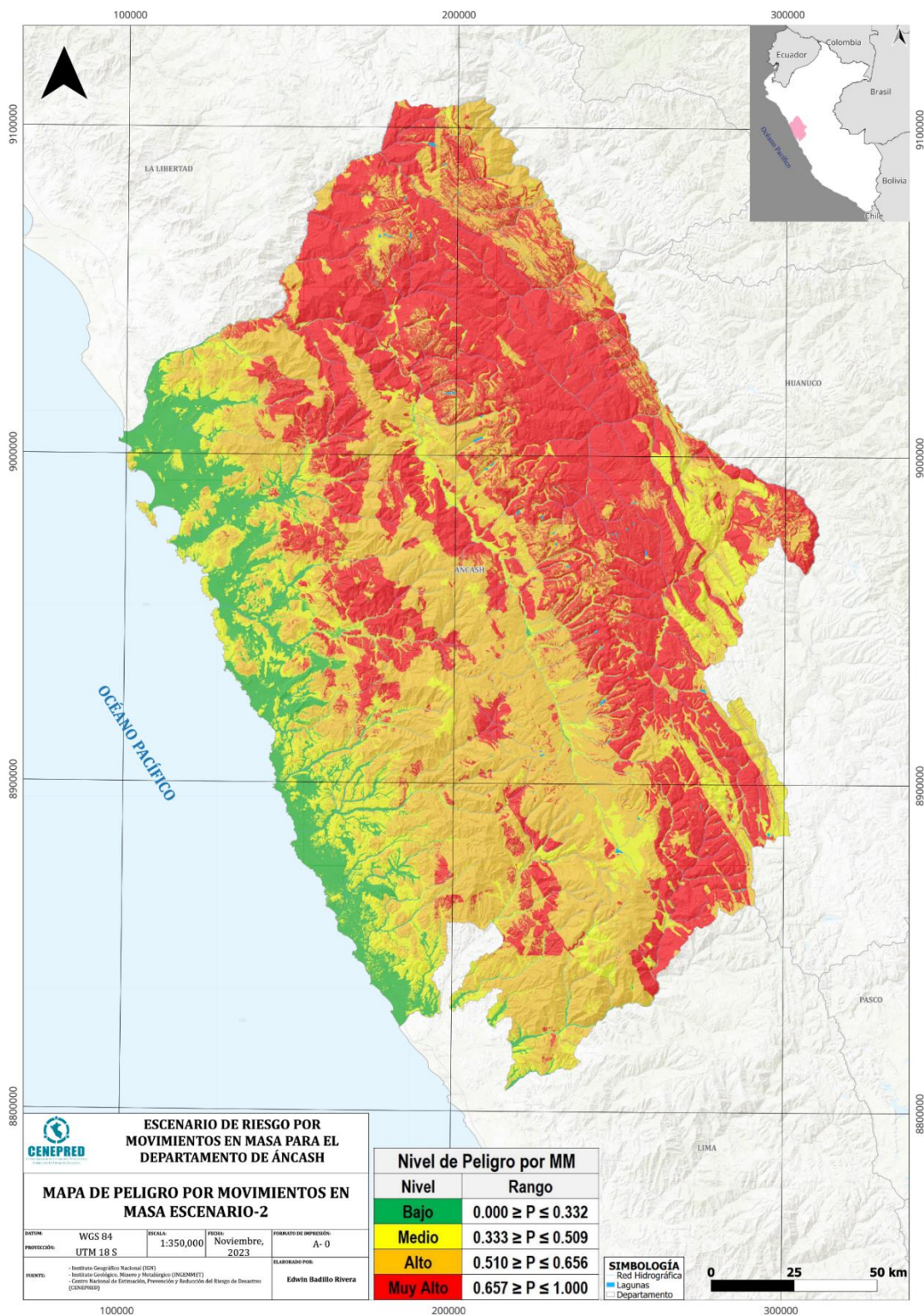
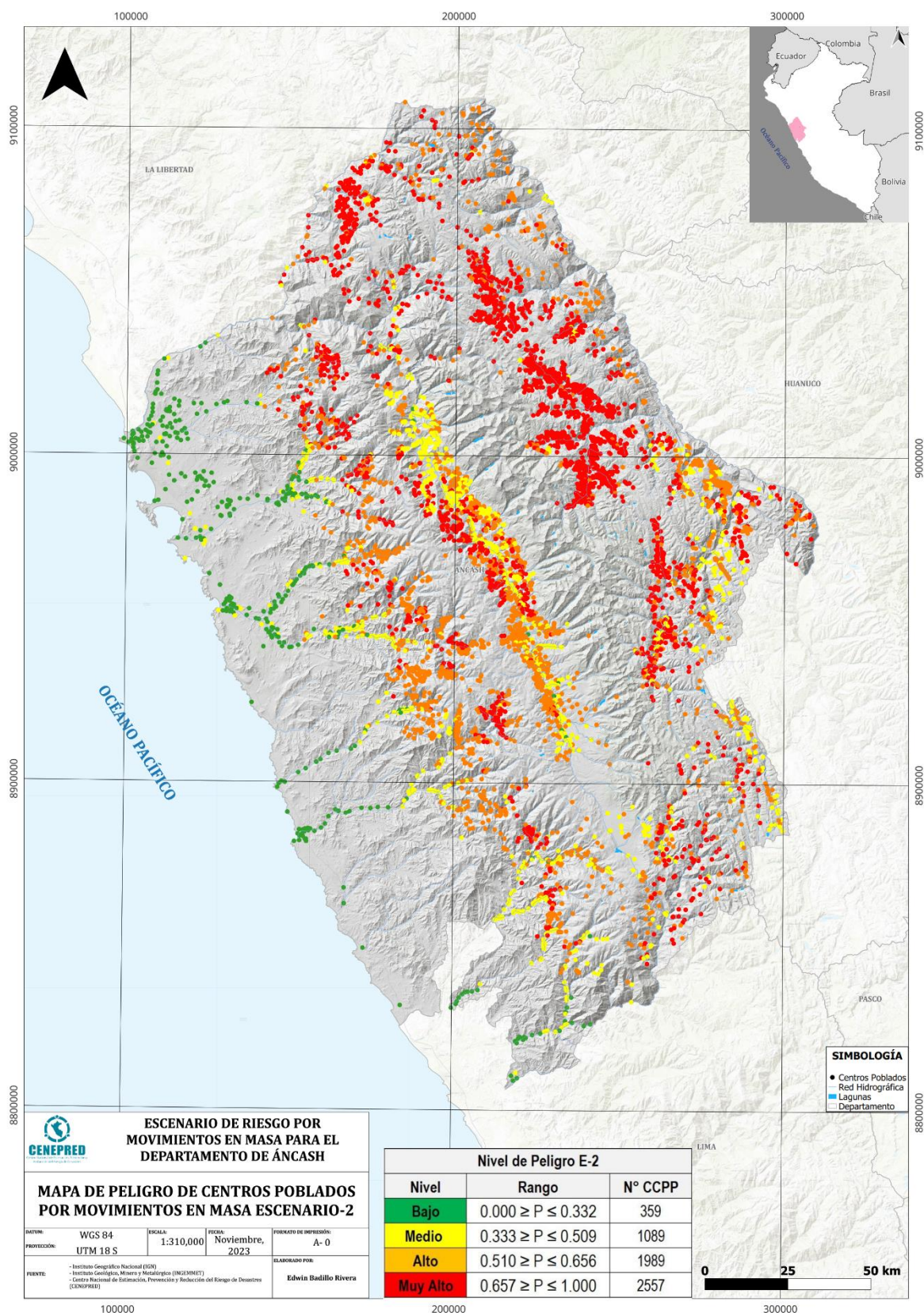


Figura 16. Mapa de peligro de centros poblados por movimientos en masa para el E-2.



En la siguiente tabla se muestra los niveles de peligro por movimientos en masa cuantificados a nivel de centros poblados y distrital para el departamento de Áncash, para este último, como se indicó en el apartado metodológico, el nivel de peligro fue estimado considerando como criterio la asignación del nivel de peligro que presenta mayor superficie o el más predominante en toda la extensión del distrito. En los anexos, se presenta la tabla completa de los niveles de peligro de centros poblados y de cada distrito (cada nivel) expresados bajo superficie y porcentajes para el Escenario-2.

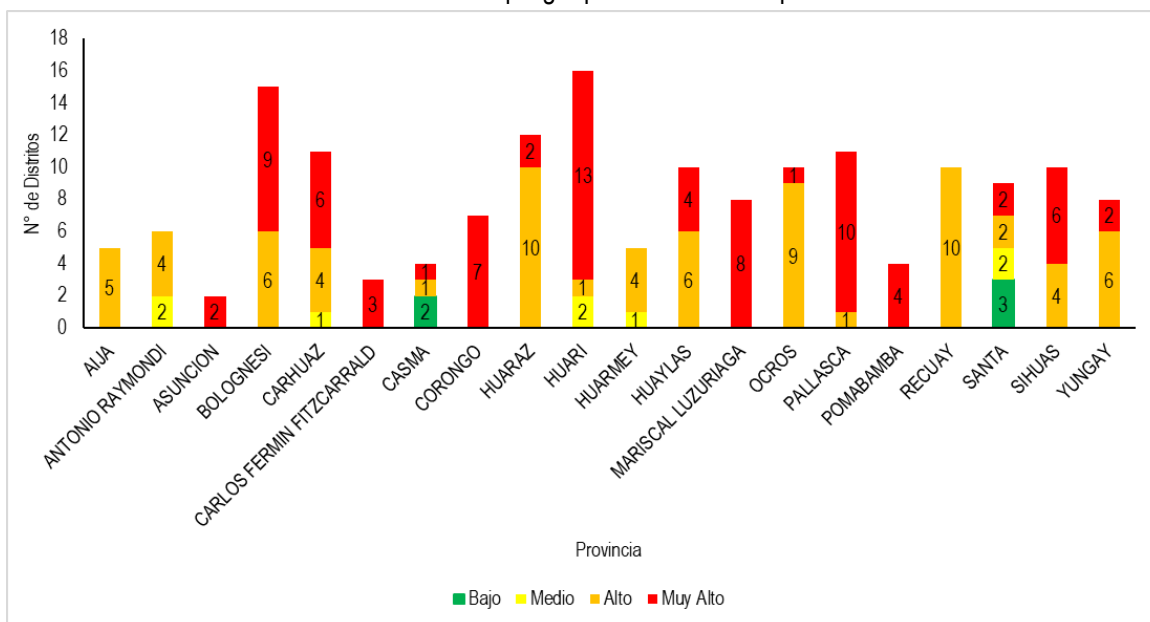
De manera general, en el departamento de Áncash, para el Escenario de Peligro-2, predominan los centros poblados en el nivel de peligro “Muy Alto”, 2557 centros poblados (42.7%), seguido del nivel “Alto”, 1989 centros poblados (33.2%), y en menor cantidad los centros poblados en los niveles “Medio” y “Bajo” que en conjunto suman 1448 (24.2%). En cuanto al peligro a nivel distrital, predominan los niveles de peligro “Muy Alto” (80 distritos) y “Alto” (44 distritos); además, 8 distritos están en el nivel de peligro “Medio” y finalmente los 5 restantes, están en el nivel “Bajo”. Lo anterior, equivale a decir que, aproximadamente el 92% de los distritos del departamento de Áncash están en el nivel de peligro “Alto” y “Muy Alto” bajo un escenario de precipitaciones máximas bajo el percentil 99.

Tabla 35. Número de centros poblados y distritos por niveles de peligro a nivel provincial.

Provincia	Niveles de Peligro Escenario- 2							
	Bajo		Medio		Alto		Muy Alto	
	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos
Aija	0	0	18	0	108	5	66	0
Antonio Raymondi	0	0	46	2	141	4	27	0
Asunción	0	0	0	0	6	0	111	2
Bolognesi	3	0	138	0	138	6	152	9
Carhuaz	0	0	73	1	111	4	116	6
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	0	9	0	16	0	195	3
Casma	85	2	58	0	10	1	5	1
Corongo	0	0	6	0	6	0	51	7
Huaraz	8	0	118	0	423	10	113	2
Huari	0	0	91	2	152	1	308	13
Huarmey	47	0	30	1	56	4	1	0
Huaylas	3	0	175	0	113	6	100	4
Mariscal Luzuriaga	0	0	1	0	19	0	261	8
Ocros	30	0	58	0	54	9	19	1
Pallasca	0	0	24	0	154	1	238	10
Pomabamba	0	0	8	0	34	0	261	4
Recuay	6	0	74	0	168	10	38	0
Santa	176	3	57	2	63	2	124	2
Sihuas	0	0	6	0	60	4	242	6
Yungay	1	0	99	0	157	6	129	2
Total	359	5	1089	8	1989	73	2557	80
%	6.0	3.0	18.2	4.8	33.2	44.0	42.7	48.2

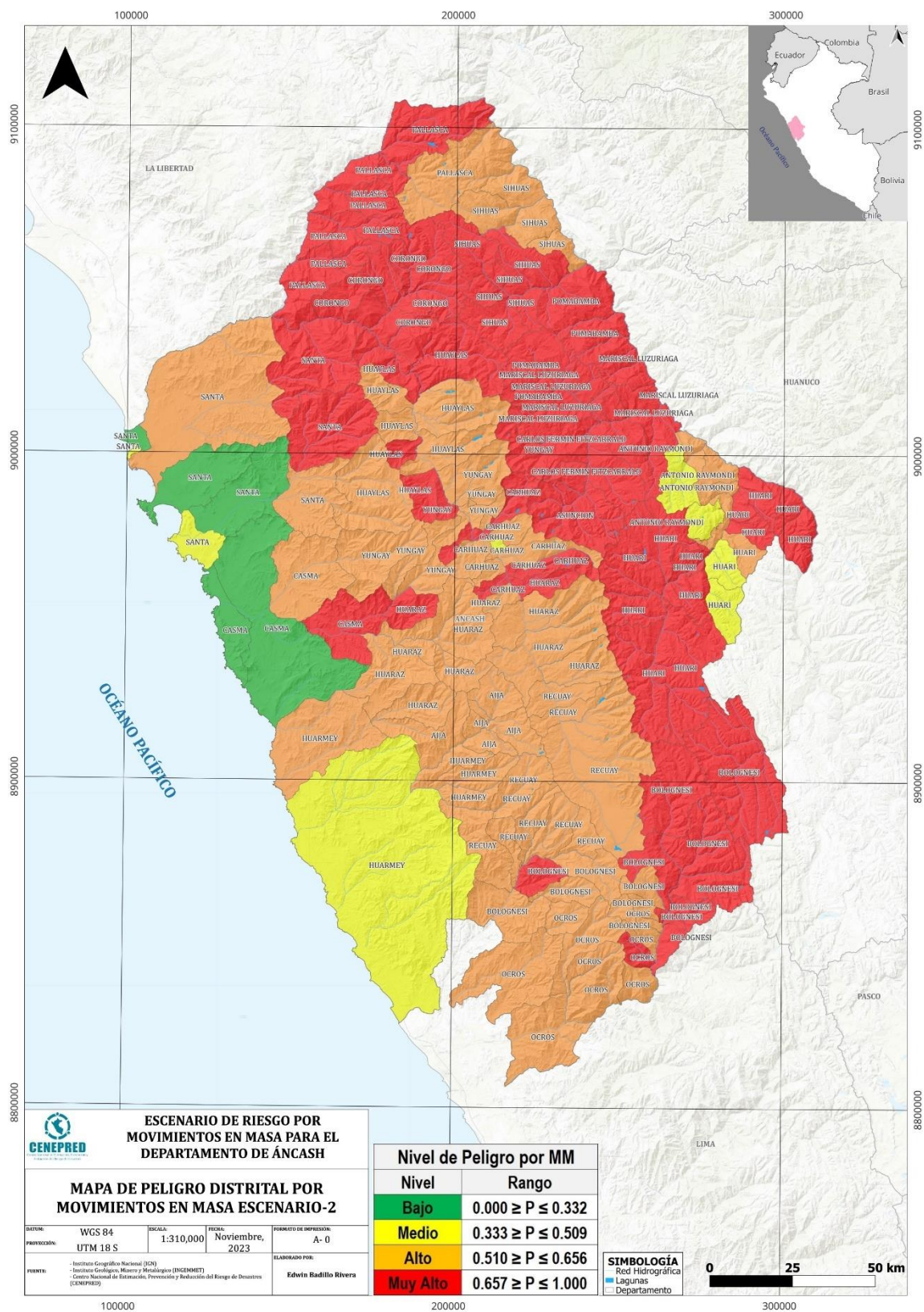
Las provincias de Bolognesi, Carhuaz, Huaraz, Huari, Huaylas, Ocros, Pallasca, Recuay y Sihuas presentan la mayor cantidad de distritos bajo el nivel de peligro “Alto” y “Muy Alto” (~61% del total de distritos).

Gráfico 11. Niveles de peligro por distrito a nivel provincial.



En la siguiente figura se presenta el mapa de peligro por movimientos en masa a nivel distrital para el Escenario-2 de precipitaciones máximas bajo el P99. Del análisis visual de los resultados del peligro a nivel distrital para el departamento de Áncash, se observa que, al igual que en el Escenario de Peligro-1, los distritos ubicados en la Cordillera Blanca (flanco oriental de Áncash) en su mayoría presentan un nivel de peligro de “Muy Alto”, de igual forma, distritos ubicados en el flanco occidental de Áncash, presentan un nivel de peligro de “Alto” en su mayoría, mientras que, en el extremo oeste de Áncash, se presentan distritos bajo el nivel de peligro “Bajo”, “Medio” y “Alto”.

Figura 17. Mapa de peligro por movimientos en masa a nivel distrital para el Escenario-2.



4.3 Análisis de los elementos expuestos

4.3.1 Centros Poblados

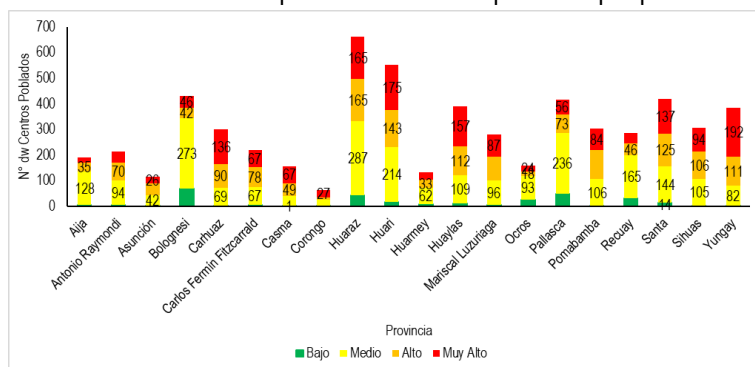
En este apartado se presenta los resultados del análisis de los elementos expuestos. Para el caso de los centros poblados se muestra la distribución (en cantidad) en los niveles de exposición para cada provincia del departamento de Áncash. Se ha determinado que existen 332 (5.5%), 2435 (40.6%), 1553 (25.9%) y 1674 (27.9%) centros poblados en los niveles de exposición, “Bajo”, “Medio”, “Alto” y “Muy Alto” respectivamente. En el apartado de anexos se muestra la lista completa de centros poblados y su nivel de exposición.

Tabla 36. Nivel de exposición de centros poblados a nivel provincial.

Provincia	Niveles de Exposición (N° de Centros Poblados)			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Aija	8	128	35	21
Antonio Raymondi	7	94	70	43
Asunción	3	42	46	26
Bolognesi	70	273	42	46
Carhuaz	5	69	90	136
Carlos Fermín Fitzcarrald	8	67	78	67
Casma	1	41	49	67
Corongo	5	22	9	27
Huaraz	45	287	165	165
Huari	19	214	143	175
Huarmey	10	62	33	29
Huaylas	13	109	112	157
Mariscal Luzuriaga	7	96	91	87
Ocos	26	93	18	24
Pallasca	51	236	73	56
Pomabamba	2	106	111	84
Recuay	34	165	46	41
Santa	14	144	125	137
Sihuas	3	105	106	94
Yungay	1	82	111	192
Total	332	2435	1553	1674
%	5.5	40.6	25.9	27.9

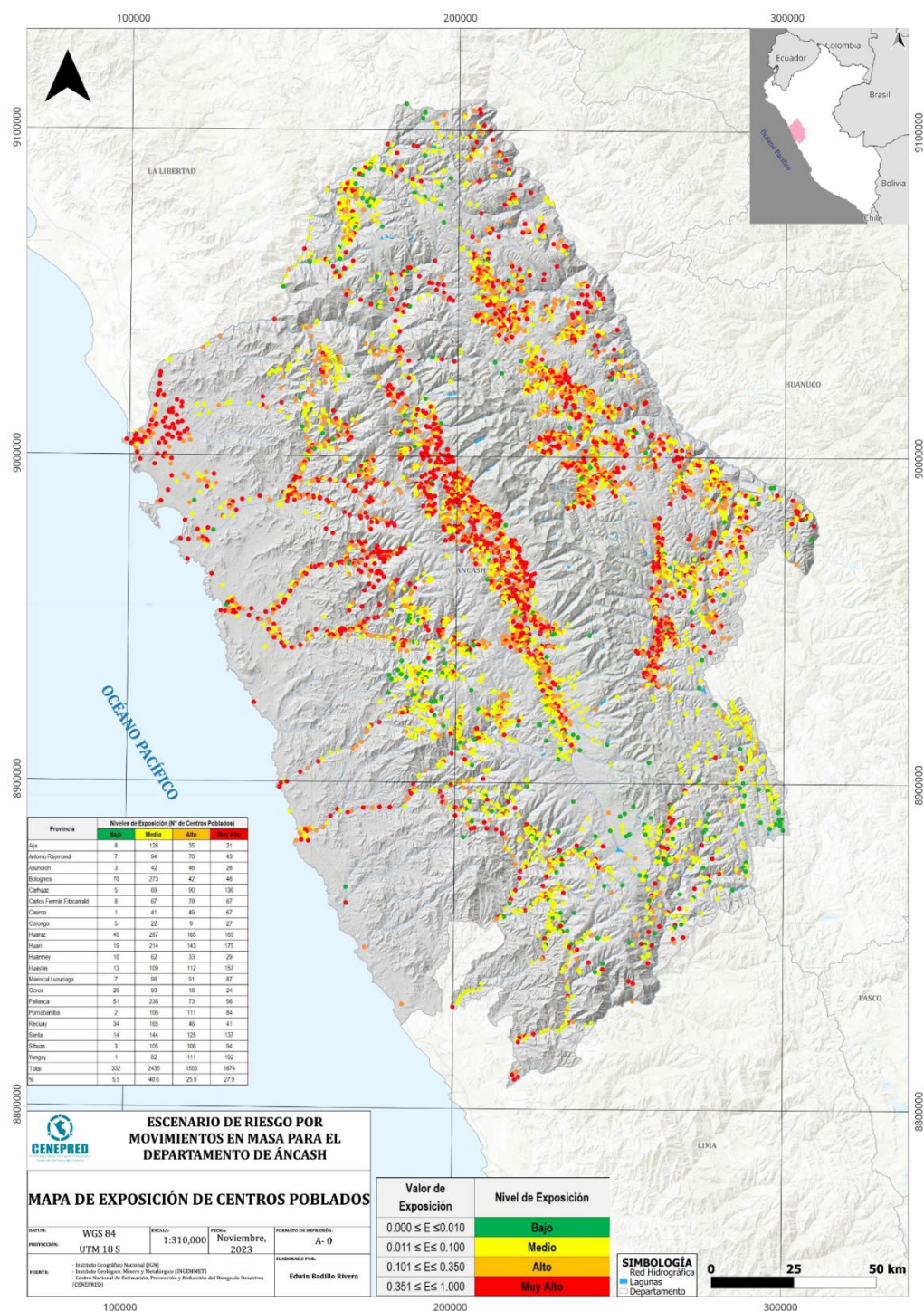
En la siguiente figura se muestra la distribución del nivel de exposición de centros poblados por provincia para el departamento de Áncash.

Gráfico 12. Nivel de exposición de centros poblados por provincia.



Aproximadamente, el 32% del total de centros poblados en los niveles “Alto” y “Muy Alto” están en las provincias de Carhuaz (226 centros poblados), Huaraz (330 centros poblados), Huari (318 centros poblados), Huaylas (269 centros poblados), Santa (262 centros poblados), Sihuas (200 centros poblados) y Yungay (303 centros poblados).

Figura 18. Mapa de niveles de exposición de los centros poblados.



4.3.2 Distritos

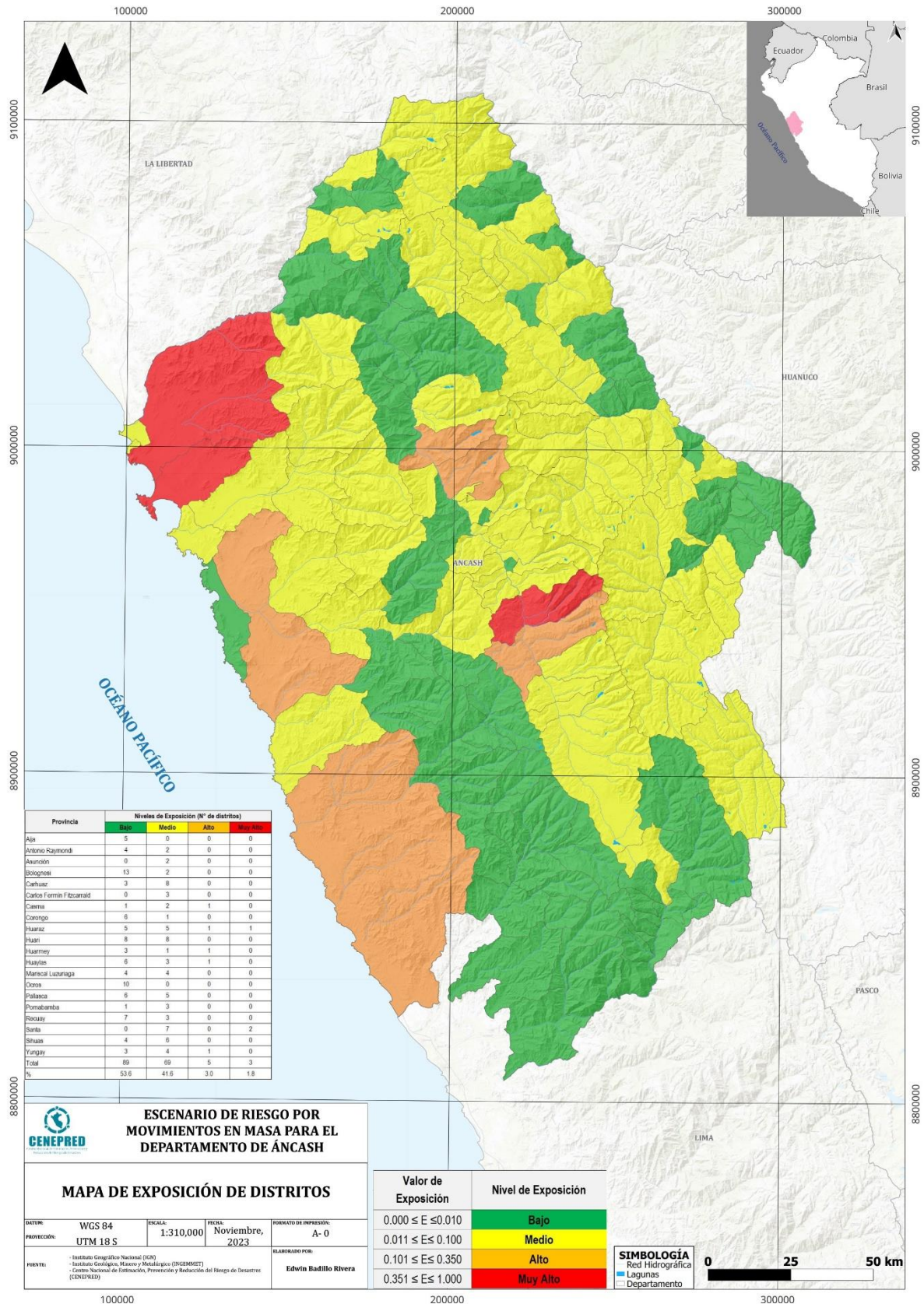
En la siguiente tabla se muestra la distribución del nivel de exposición cuantificados a nivel de distrito estimado a partir del proceso de normalización descrito en el apartado de la metodología.

Tabla 37. Nivel de exposición a nivel provincial.

Provincia	Niveles de Exposición (N° de distritos)			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Aija	5	0	0	0
Antonio Raymondi	4	2	0	0
Asunción	0	2	0	0
Bolognesi	13	2	0	0
Carhuaz	3	8	0	0
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	3	0	0
Casma	1	2	1	0
Corongo	6	1	0	0
Huaraz	5	5	1	1
Huari	8	8	0	0
Huarmey	3	1	1	0
Huaylas	6	3	1	0
Mariscal Luzuriaga	4	4	0	0
Ocros	10	0	0	0
Pallasca	6	5	0	0
Pomabamba	1	3	0	0
Recuay	7	3	0	0
Santa	0	7	0	2
Sihuas	4	6	0	0
Yungay	3	4	1	0
Total	89	69	5	3
%	53.6	41.6	3.0	1.8

Las provincias que presentan distritos (8 distritos en total) en los niveles de exposición “Alto” y “Muy Alto” son Casma, Huaraz, Huarmey, Huaylas, Santa y Yungay.

Figura 19. Nivel de exposición a nivel distrital.



4.4 Riesgo por movimientos en masa a nivel departamental

Para el caso del elemento expuesto de centros poblados y distritos, han sido analizados desde la perspectiva del riesgo, pues se ha realizado el análisis de peligrosidad y exposición, este último, en función de la densidad poblacional y de viviendas bajo el enfoque de la normalización, la combinación tanto de la peligrosidad y de la exposición para ambos elementos expuestos permitió determinar los niveles de riesgo en el ámbito departamental.

Por otro lado, para otros elementos expuestos como establecimientos de salud, instituciones educativas, recursos de respuesta a emergencia (comisarias, bomberos, tambos y almacenes), otras infraestructuras (badén, pontón, puente), aeródromos y superficie agrícola se ha realizado el análisis de riesgo en función de la ubicación espacial en el ámbito del peligro, es decir, para todos estos elementos expuestos se les asignó como nivel de riesgo el nivel de peligro sobre el que están ubicados espacialmente. Se hace notar que, para estos elementos expuestos, la escala de trabajo a nivel departamental de los escenarios de riesgos no permite identificar a nivel de detalle características propias de vulnerabilidad (física, económica y ambiental) correspondiente a cada elemento expuesto analizado.

Bajo este criterio se presenta los resultados del Escenario de Riesgo 1 (ER-1, por Fenómeno El Niño) y 2 (ER-2, anomalías de precipitación bajo el P99) en tres apartados, a saber, a nivel de centros poblados, a nivel distrital y de otros elementos expuestos para cada escenario.

4.4.1 Escenario de Riesgo – 1

4.4.1.1 Centros Poblados

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de centros poblados, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-1 en el nivel de riesgo “Muy Alto”. Se ha determinado que existen 1545 centros poblados (26% del total de centros poblados de Áncash), 964399 habitantes (89% del total de habitantes de Áncash) y 259609 viviendas (87.7% del total de viviendas de Áncash) expuestas al nivel “Muy Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental, lo que equivale a decir, que los centros poblados con mayor densidad poblacional están asentados en zonas con un nivel de riesgo “Muy Alto”.

A continuación, se presenta el mapa del Escenario de Riesgo-1 para los centros poblados del departamento de Áncash.

Figura 20. Nivel de Riesgo de los centros poblados para el Escenario-1.

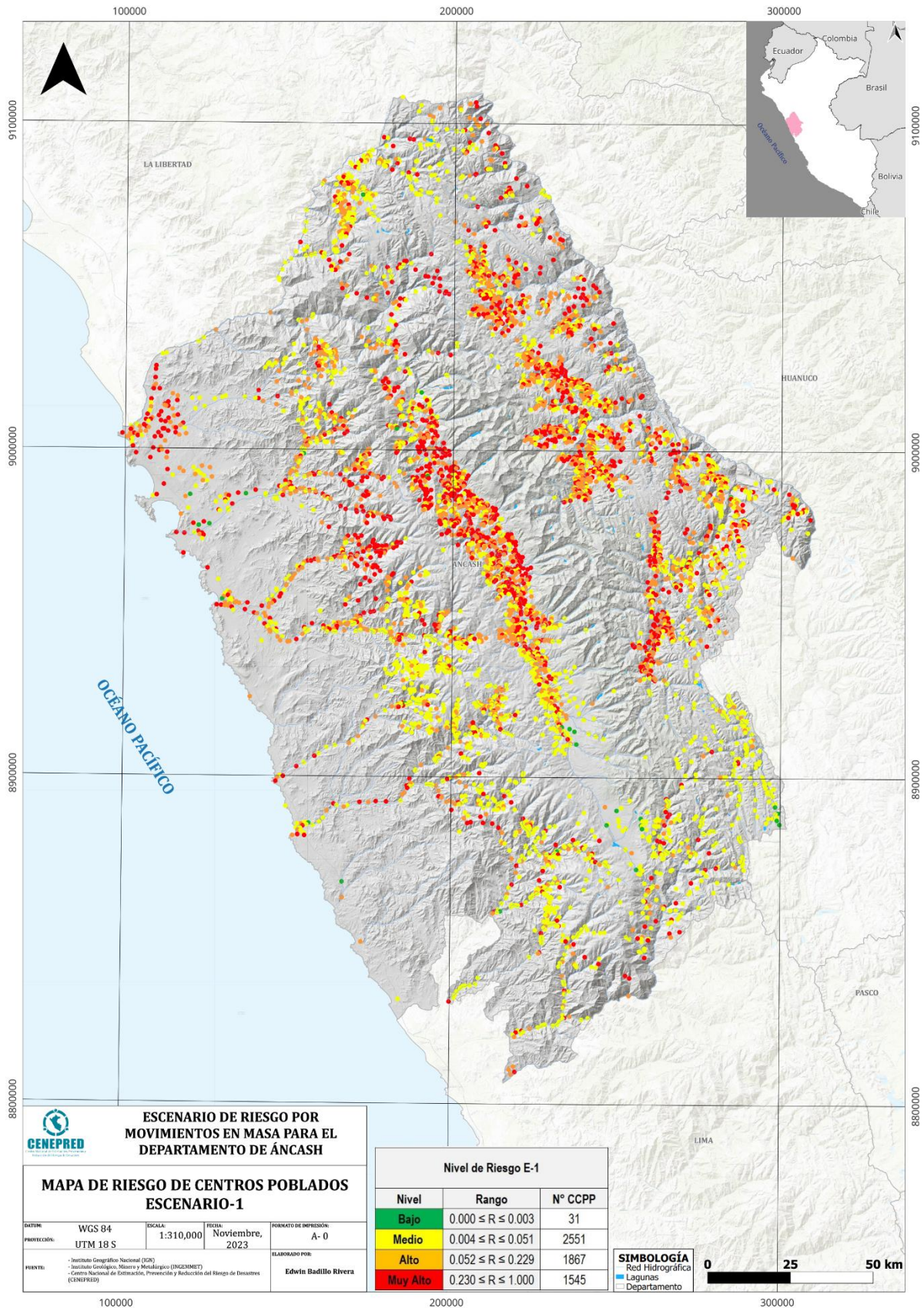


Tabla 38. Escenario de Riesgo – 1 para los centros poblados en el nivel “Muy Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 1 - Muy Alto (MA)		
	Riesgo (N° de CCPP)	N° de población en riesgo MA	N° de viviendas en riesgo MA
Aija	18	3770	1129
Antonio Raymondi	43	9941	2686
Asunción	29	5584	1628
Bolognesi	42	20083	5490
Carhuaz	126	39787	11308
Carlos Fermín Fitzcarrald	70	14138	4014
Casma	38	45365	12836
Corongo	28	7037	1858
Huaraz	143	152605	38146
Huari	169	47914	12848
Huarmey	21	7122	2230
Huaylas	151	44977	12428
Mariscal Luzuriaga	92	15864	4563
Ocos	20	5394	1897
Pallasca	53	19089	5159
Pomabamba	94	19536	5354
Recuay	34	14006	4000
Santa	96	425871	113605
Sihuas	97	21778	6079
Yungay	181	44538	12351
Total	1545	964399	259609
%	25.8	89.0	87.7

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de centros poblados, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-1 en el nivel de riesgo “Alto”. Se ha determinado que existen 1867 centros poblados (31.1% del total de Áncash), 101511 habitantes (9.4% del total de Áncash) y 29934 viviendas (10.1% del total de Áncash) expuestas al nivel “Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 39. Escenario de Riesgo – 1 para los centros poblados en el nivel “Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 1 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de CCPP)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Aija	49	1691	525
Antonio Raymondi	77	2899	844
Asunción	57	1620	604
Bolognesi	45	2032	634
Carhuaz	109	4883	1515
Carlos Fermín Fitzcarrald	88	3136	1001
Casma	66	4907	1491
Corongo	11	401	134
Huaraz	205	8998	2797
Huari	176	9519	2030
Huarmey	30	22653	6726
Huaylas	130	5409	1594
Mariscal Luzuriaga	99	3735	1096
Ocos	22	1023	381
Pallasca	102	3148	854

Provincia	Escenario 1 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de CCPP)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Pomabamba	133	4671	1401
Recuay	52	2117	656
Santa	154	8400	2594
Sihuas	132	4657	1367
Yungay	130	5612	1690
Total	1867	101511	29934
%	31.1	9.4	10.1

Para el Escenario de Riesgo-1, a nivel de centro poblado, las provincias de Carhuaz, Casma, Huaraz, Huari, Huaylas, Santa y Yungay son las que concentran la mayor cantidad de habitantes y viviendas en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” para el Escenario de Riesgo – 1.

Los niveles de riesgo “Bajo” y “Medio” de los centros poblados para el Escenario de Riesgo-1 se presenta a detalle en el apartado de los anexos.

4.4.1.2 Distritos

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de distritos, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-1 en el nivel de riesgo “Muy Alto”. Se ha determinado que existen 2 distritos ubicados en la provincia de Huaraz y Santa (Independencia y Chimbote), en donde están expuestos 282301 habitantes (25.9% del total de Áncash) y 69370 viviendas (23.4% del total de Áncash) expuestas al nivel de riesgo “Muy Alto” frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental. Vale mencionar que, las diferencias significativas entre el nivel de peligro y riesgo en el nivel “Muy Alto” a nivel distrital, se relaciona al criterio de normalización de la exposición a nivel distrital, pues existen distritos con una menor población con relación a distritos con mayor densidad poblacional y de viviendas.

A continuación, se presenta el mapa del Escenario de Riesgo-1 para los distritos del departamento de Áncash.

Figura 21. Nivel de Riesgo de los distritos para el Escenario-1.

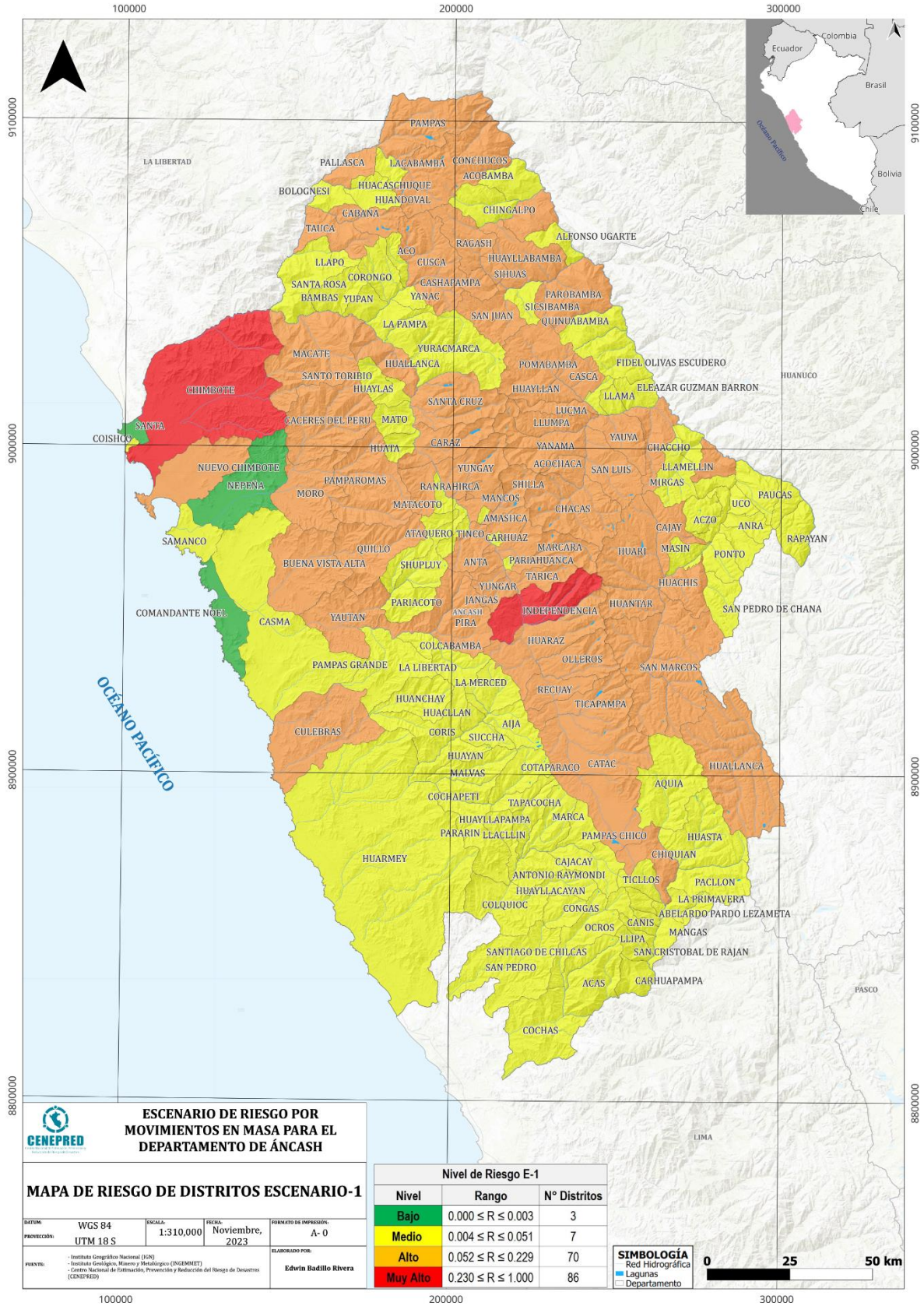


Tabla 40. Escenario de Riesgo – 1 para los distritos en el nivel “Muy Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 1 - Muy Alto (MA)		
	Riesgo (N° de distritos)	N° de población en riesgo MA	N° de viviendas en riesgo MA
Aija	0	0	0
Antonio Raymondi	0	0	0
Asunción	0	0	0
Bolognesi	0	0	0
Carhuaz	0	0	0
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	0	0
Casma	0	0	0
Corongo	0	0	0
Huaraz	1	76088	19637
Huari	0	0	0
Huarmey	0	0	0
Huaylas	0	0	0
Mariscal Luzuriaga	0	0	0
Ocos	0	0	0
Pallasca	0	0	0
Pomabamba	0	0	0
Recuay	0	0	0
Santa	1	206213	49733
Sihuas	0	0	0
Yungay	0	0	0
Total	2	282301	69370
%	1.2	25.9	23.4

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de distritos, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-1 en el nivel de riesgo “Alto”. Se ha determinado que existen 69 distritos, en donde están expuestos 620422 habitantes (57.0% del total de Áncash) y 173818 viviendas (58.5% del total de Áncash) al nivel “Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental, representando el nivel de riesgo que mayor densidad poblacional y de viviendas agrupa.

Tabla 41. Escenario de Riesgo – 1 para los distritos en el nivel “Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 1 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de distritos)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Aija	0	0	0
Antonio Raymondi	2	7355	1974
Asunción	2	7378	2302
Bolognesi	1	4023	1067
Carhuaz	7	38431	10913
Carlos Fermín Fitzcarrald	3	17717	5188
Casma	2	13136	3810
Corongo	1	2678	652
Huaraz	6	82293	20282
Huari	7	45275	11453

Provincia	Escenario 1 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de distritos)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Huarmey	2	28214	8366
Huaylas	5	49000	13022
Mariscal Luzuriaga	4	15053	4397
Ocros	0	0	0
Pallasca	5	18853	5086
Pomabamba	3	22594	6307
Recuay	3	10775	2977
Santa	5	189224	56740
Sihuas	6	22439	6339
Yungay	5	45984	12943
Total	69	620422	173818
%	41.6	57.0	58.5

Para el Escenario de Riesgo-1, a nivel distrital, las provincias de Huaraz, Huari, Huaylas, Santa y Yungay son las que concentran la mayor cantidad de habitantes y viviendas en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” para el Escenario de Riesgo – 1.

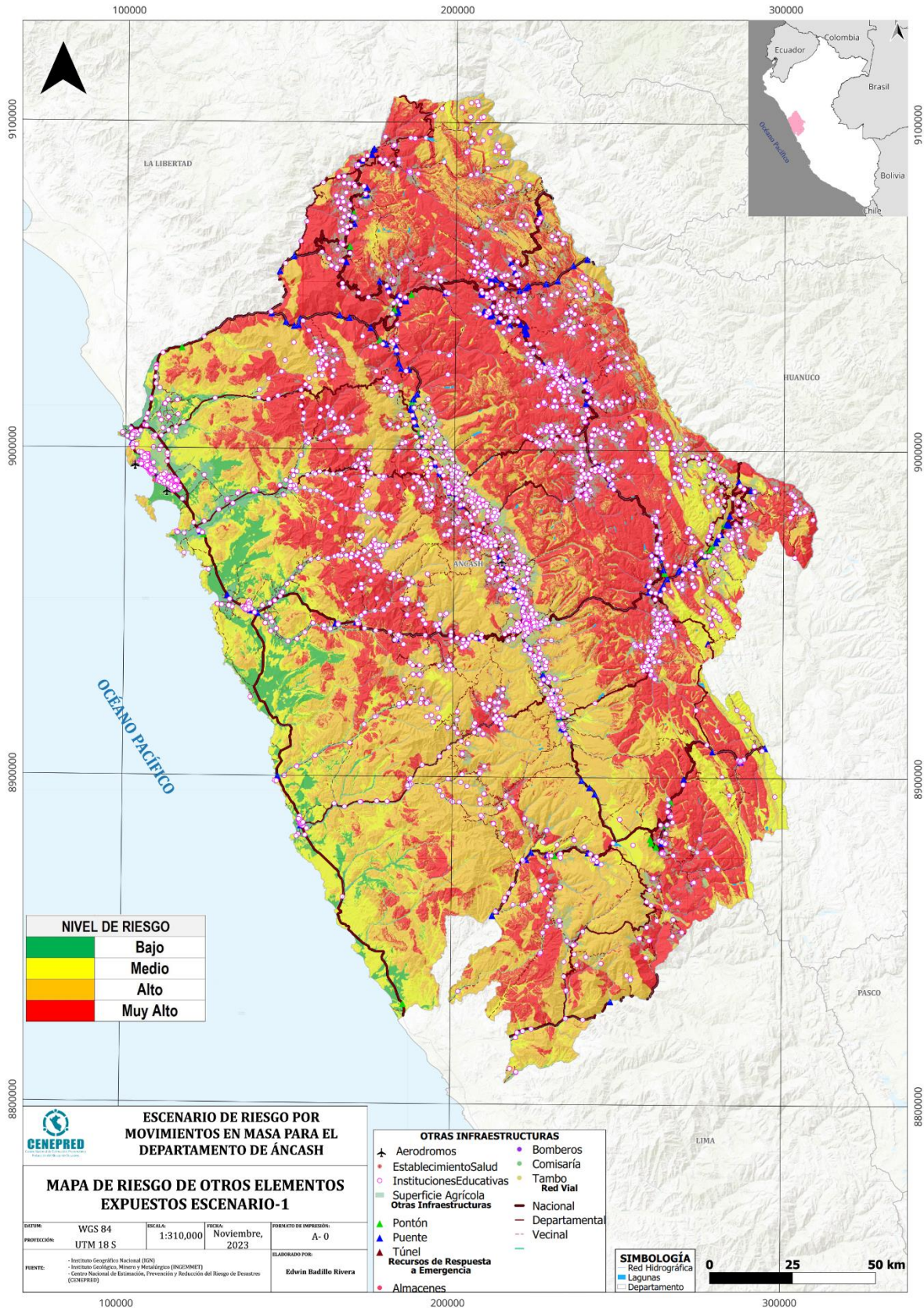
Los niveles de riesgo “Bajo” y “Medio” de los distritos para el Escenario de Riesgo-1 se presenta a detalle en el apartado de los anexos.

4.4.1.3 Otros elementos expuestos

Como se indicó anteriormente, para los elementos expuestos como establecimientos de salud, instituciones educativas, recursos de respuesta e emergencia (comisarías, bomberos, tambos y almacenes), otras infraestructuras (badén, pontón, puente), aeródromos y superficie agrícola se realizó el análisis de riesgo en función de la ubicación espacial en el ámbito del peligro, es decir, se asignó como nivel de riesgo la intersección entre el nivel de peligro y la ubicación del elemento expuesto, vale recalcar que, la escala de trabajo (a nivel departamental) no permite identificar a nivel de detalle características propias de vulnerabilidad (física, económica y ambiental) correspondiente a cada elemento expuesto.

A continuación, se presenta el mapa del Escenario de Riesgo-1 para otros elementos expuestos como: establecimientos de salud, instituciones educativas, recurso de respuesta a emergencia (comisarías, bomberos, tambos y almacenes), otras infraestructuras (badén, pontón, puente), aeródromos y superficie agrícola del departamento de Áncash.

Figura 22. Nivel de Riesgo de otros elementos expuestos para el Escenario-1.



En la siguiente tabla se presenta la cuantificación de los elementos expuestos bajo el Escenario de Riesgo-1, se ha determinado que existen 133 establecimientos de salud, 1139 instituciones educativas, 85 otras infraestructuras (badén, pontón, puente), 23 recursos de respuesta a emergencia (comisaría, tambos, almacenes, y bomberos), 0 aeródromos, 4596.1 km de redes viales y 2365.8 km² de superficie agrícola bajo el nivel de riesgo “Muy Alto” por movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 42. Nivel de riesgo “Muy Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 1 a nivel provincial.

Escenario 1 - Muy Alto							
Provincia	Establecimientos de Salud (N°)	Instituciones educativas (N°)	Otras infraestructuras (N°)	Recursos de Respuesta a Emergencia (N°)	Aeródromos (N°)	Redes Viales (km)	Superficie Agrícola (km ²)
Aija	3	28	0	2	0	93.1	47.9
Antonio Raymondi	4	14	0	0	0	32.3	34.8
Asunción	2	41	0	1	0	116.0	82.9
Bolognesi	6	33	1	0	0	342.1	115.1
Carhuaz	4	36	0	0	0	190.4	106.6
Carlos Fermín Fitzcarrald	11	99	2	3	0	173.4	162.3
Casma	0	4	0	0	0	19.0	5.6
Corongo	8	27	13	0	0	313.9	111.2
Huaraz	5	34	0	0	0	188.0	91.0
Huari	20	169	26	3	0	629.2	342.5
Huarmey	0	0	0	0	0	5.4	6.7
Huaylas	7	51	1	1	0	364.2	114.8
Mariscal Luzuriaga	15	132	5	3	0	272.7	200.0
Ocros	2	9	0	0	0	87.8	22.9
Pallasca	12	88	11	5	0	507.3	215.1
Pomabamba	13	139	6	2	0	202.4	185.6
Recuay	0	1	0	1	0	98.8	25.8
Santa	4	49	1	1	0	221.6	75.6
Sihuas	12	127	19	1	0	440.4	248.2
Yungay	5	58	0	0	0	297.9	171.3
Total	133	1139	85	23	0	4596.1	2365.8
%	25.7	34.2	36.3	21.9	0	42.7	47.4

Por otro lado, se ha determinado que existen 133 establecimientos de salud, 773 instituciones educativas, 46 otras infraestructuras (badén, pontón, puente), 21 recursos de respuesta a emergencia (comisaría, tambos, almacenes, y bomberos), 0 aeródromos, 3380.1 km de redes viales y 1374.3 km² de superficie agrícola bajo el nivel de riesgo “Alto” por movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 43. Nivel de riesgo “Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 1 a nivel provincial.

Escenario 1 - Alto							
Provincia	Establecimientos de Salud (N°)	Instituciones educativas (N°)	Otras infraestructuras (N°)	Recursos de Respuesta a Emergencia (N°)	Aeródromos (N°)	Redes Viales (km)	Superficie Agrícola (km ²)
Aija	4	22	0	1	0	129.2	38.2
Antonio Raymondi	8	65	0	3	0	110.9	93.9

Escenario 1 - Alto							
Provincia	Establecimientos de Salud (N°)	Instituciones educativas (N°)	Otras infraestructuras (N°)	Recursos de Respuesta a Emergencia (N°)	Aeródromos (N°)	Redes Viales (km)	Superficie Agrícola (km ²)
Asunción	1	4	0	0	0	15.5	2.6
Bolognesi	5	27	4	4	0	275.6	74.1
Carhuaz	13	48	2	1	0	202.8	93.7
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	5	0	0	0	4.7	10.0
Casma	0	7	0	0	0	39.2	7.7
Corongo	0	6	1	0	0	31.7	11.6
Huaraz	30	116	4	3	0	486.6	270.9
Huari	13	74	10	1	0	267.6	104.6
Huarmey	3	14	0	0	0	100.7	33.4
Huaylas	10	39	4	3	0	272.5	117.3
Mariscal Luzuriaga	3	16	0	0	0	4.5	19.1
Ocos	2	14	0	1	0	156.1	62.9
Pallasca	7	58	2	1	0	180.7	66.4
Pomabamba	5	35	5	1	0	33.4	42.9
Recuay	5	41	1	1	0	415.6	88.1
Santa	2	34	1	1	0	98.3	24.8
Sihuas	8	67	12	0	0	219.2	88.8
Yungay	14	81	0	0	0	335.4	123.2
Total	133	773	46	21	0	3380.1	1374.3
%	25.7	23.2	19.7	20.0	0.0	31.4	27.6

4.4.2 Escenario de Riesgo – 2

4.4.2.1 Centros Poblados

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de centros poblados, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-2 en el nivel de riesgo “Muy Alto”. Se ha determinado que existen 1490 centros poblados (24.9% del total de Áncash), 744500 habitantes (68.7% del total de Áncash) y 205401 viviendas (69.4% del total de viviendas) expuestas al nivel “Muy Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental.

A continuación, se presenta el mapa del Escenario de Riesgo-2 para los centros poblados del departamento de Áncash.

Figura 23. Nivel de Riesgo de los centros poblados para el Escenario-2.

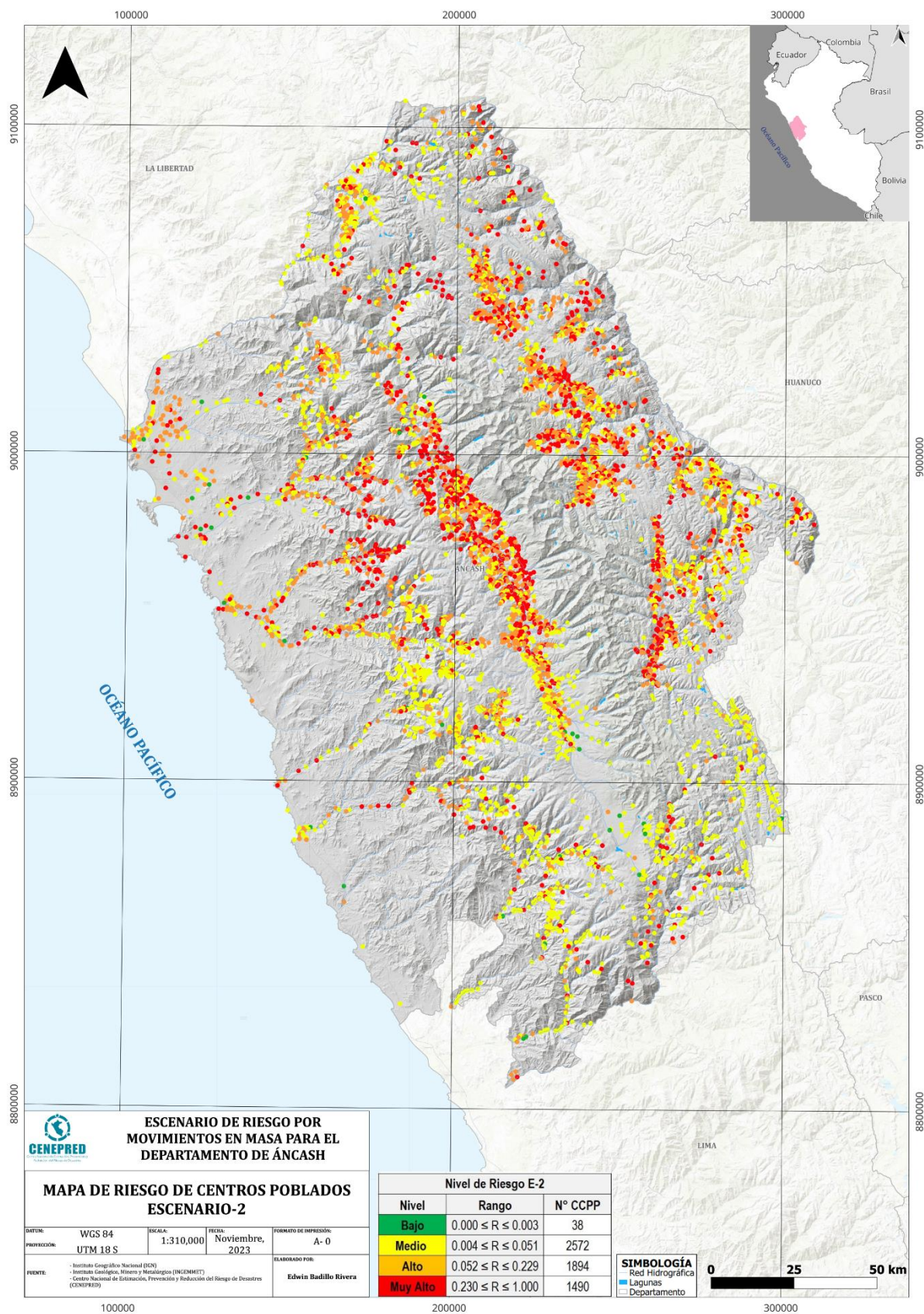


Tabla 44. Escenario de Riesgo – 2 para los centros poblados en el nivel “Muy Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 2 - Muy Alto (MA)		
	Riesgo (N° de CCP)	N° de población en riesgo MA	N° de viviendas en riesgo MA
Aija	17	3653	1090
Antonio Raymondi	41	9777	2641
Asunción	28	5512	1604
Bolognesi	41	20020	5468
Carhuaz	126	39787	11308
Carlos Fermín Fitzcarrald	70	14138	4014
Casma	36	37844	10172
Corongo	28	7037	1858
Huaraz	144	152691	38182
Huari	170	48010	12876
Huarmey	16	4564	1523
Huaylas	144	44301	12234
Mariscal Luzuriaga	92	15864	4563
Ocos	17	4928	1736
Pallasca	53	19089	5159
Pomabamba	94	19536	5354
Recuay	34	14006	4000
Santa	64	217659	63252
Sihuas	97	21778	6079
Yungay	178	44306	12288
Total	1490	744500	205401
%	24.9	68.7	69.4

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de centros poblados, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-2 en el nivel de riesgo “Alto”. Se ha determinado que existen 1894 centros poblados (31.6% del total de Áncash), 320367 habitantes (29.6% del total de Áncash) y 83872 viviendas (28.3% del total de Áncash) expuestas al nivel “Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 45. Escenario de Riesgo – 2 para los centros poblados en el nivel “Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 2 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de CCP)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Aija	50	1808	564
Antonio Raymondi	76	3007	872
Asunción	58	1692	628
Bolognesi	46	2095	656
Carhuaz	109	4883	1515
Carlos Fermín Fitzcarrald	88	3136	1001
Casma	69	12465	4166
Corongo	11	401	134
Huaraz	202	8872	2751
Huari	174	9398	2000
Huarmey	32	25036	7414
Huaylas	135	6036	1776
Mariscal Luzuriaga	99	3735	1096
Ocos	24	1461	532
Pallasca	102	3145	855

Provincia	Escenario 2 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de CCPP)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Pomabamba	133	4671	1401
Recuay	51	2097	644
Santa	171	215947	52754
Sihuas	132	4657	1367
Yungay	132	5825	1746
Total	1894	320367	83872
%	31.6	29.6	28.3

Para el Escenario de Riesgo-2, a nivel de centro poblado, las provincias de Carhuaz, Casma, Huaraz, Huari, Huaylas, Santa y Yungay son las que concentran la mayor cantidad de habitantes y viviendas en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” para el Escenario de Riesgo – 2.

Los niveles de riesgo “Bajo” y “Medio” de los centros poblados para el Escenario de Riesgo-2 se presenta a detalle en el apartado de los anexos.

4.4.2.2 Distritos

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de distritos, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-2 en el nivel de riesgo “Muy Alto”. Se ha determinado que existen 2 distritos, 282301 habitantes (25.9% del total de Áncash) y 69370 viviendas (23.4% del total de Áncash) expuestas al nivel “Muy Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental. Vale mencionar que, las diferencias significativas entre el nivel de peligro y riesgo en el nivel “Muy Alto” a nivel distrital, se relaciona al criterio de normalización de la exposición a nivel distrital, pues existen distritos con una menor población con relación a distritos con mayor densidad poblacional y de viviendas.

A continuación, se presenta el mapa del Escenario de Riesgo-2 para los distritos del departamento de Áncash.

Figura 24. Nivel de Riesgo de los distritos para el Escenario-2.

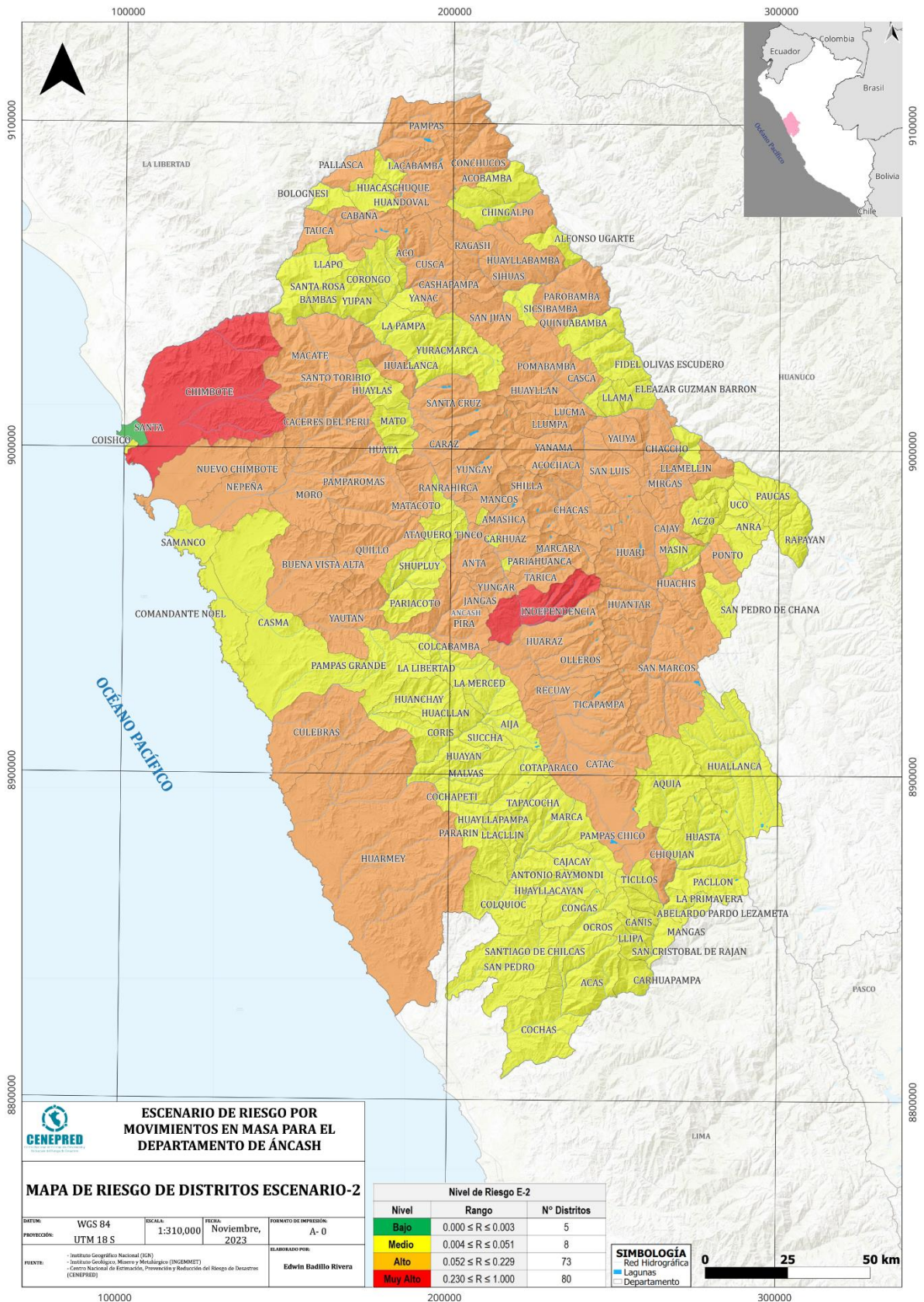


Tabla 46. Escenario de Riesgo – 2 para los distritos en el nivel “Muy Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 2 - Muy Alto (MA)		
	Riesgo (N° de distritos)	N° de población en riesgo MA	N° de viviendas en riesgo MA
Aija	0	0	0
Antonio Raymondi	0	0	0
Asunción	0	0	0
Bolognesi	0	0	0
Carhuaz	0	0	0
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	0	0
Casma	0	0	0
Corongo	0	0	0
Huaraz	1	76088	19637
Huari	0	0	0
Huarmey	0	0	0
Huaylas	0	0	0
Mariscal Luzuriaga	0	0	0
Ocros	0	0	0
Pallasca	0	0	0
Pomabamba	0	0	0
Recuay	0	0	0
Santa	1	206213	49733
Sihuas	0	0	0
Yungay	0	0	0
Total	2	282301	69370
%	1.2	25.9	23.4

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de distritos, número de población y número de viviendas bajo el Escenario de Riesgo-2 en el nivel de riesgo “Alto”. Se ha determinado que existen 66 distritos, 580740 habitantes (53.3 % del total de Áncash) y 162007 viviendas (54.5% del total de Áncash) expuestas al nivel “Alto” de riesgo frente al peligro de movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 47. Escenario de Riesgo – 2 para los distritos en el nivel “Alto” de riesgo.

Provincia	Escenario 2 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de distritos)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Aija	0	0	0
Antonio Raymondi	1	3288	856
Asunción	2	7378	2302
Bolognesi	2	10491	2563
Carhuaz	7	38431	10913
Carlos Fermín Fitzcarrald	3	17717	5188
Casma	2	13136	3810
Corongo	1	2678	652
Huaraz	6	82293	20282
Huari	6	42633	10700
Huarmey	1	3097	954
Huaylas	5	49000	13022
Mariscal Luzuriaga	4	15053	4397
Ocros	0	0	0
Pallasca	5	18853	5086

Provincia	Escenario 2 - Alto (A)		
	Riesgo (N° de distritos)	N° de población en riesgo A	N° de viviendas en riesgo A
Pomabamba	3	22594	6307
Recuay	3	10775	2977
Santa	4	174900	52716
Sihuas	6	22439	6339
Yungay	5	45984	12943
Total	66	580740	162007
%	39.8	53.3	54.5

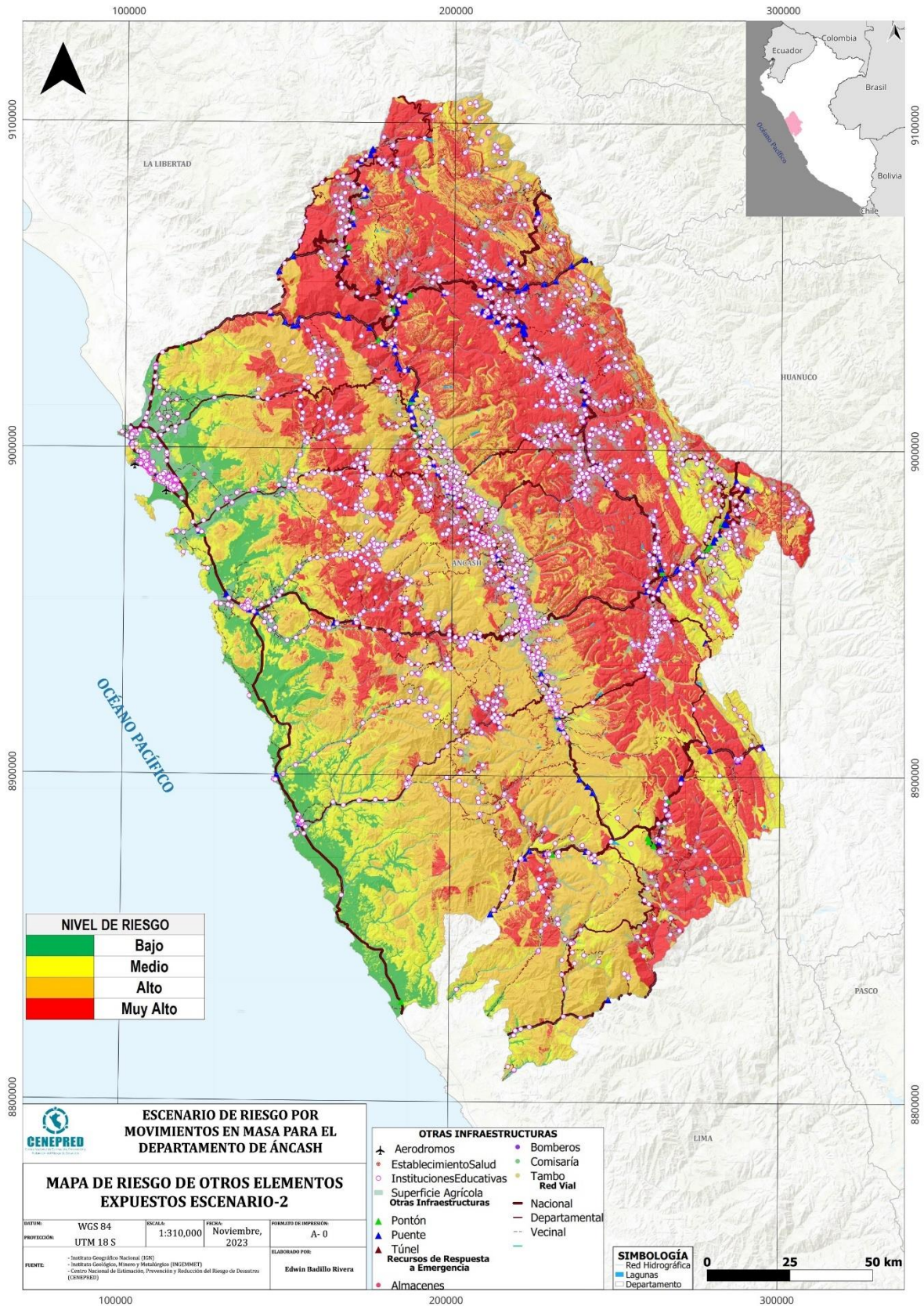
Los niveles de riesgo “Bajo” y “Medio” de los distritos para el Escenario de Riesgo-2 se presenta a detalle en el apartado de los anexos.

4.4.2.3 Otros elementos expuestos

Como se indicó anteriormente, para los elementos expuestos como establecimientos de salud, instituciones educativas, recursos de respuesta e emergencia (comisarías, bomberos, tambos y almacenes), otras infraestructuras (pontón, puente, badén), aeródromos y superficie agrícola se realizó el análisis de riesgo en función de la ubicación espacial en el ámbito del peligro, es decir, se asignó como nivel de riesgo la intersección entre el nivel de peligro y la ubicación del elemento expuesto, vale recalcar que, la escala de trabajo (a nivel departamental) no permite identificar a nivel de detalle características propias de vulnerabilidad (física, económica y ambiental) correspondiente a cada elemento expuesto.

A continuación, se presenta el mapa del Escenario de Riesgo-2 para otros elementos expuestos como: establecimientos de salud, instituciones educativas, recursos de respuesta a emergencia (comisarías, bomberos, tambos y almacenes), otras infraestructuras (badén, pontón, puente), aeródromos y superficie agrícola del departamento de Áncash.

Figura 25. Nivel de Riesgo de otros elementos expuestos para el Escenario-2.



En la siguiente tabla se presenta la cuantificación de los elementos expuestos bajo el Escenario de Riesgo-2, se ha determinado que existen 122 establecimientos de salud, 1054 instituciones educativas, 81 otras infraestructuras (badén, pontón, puente), 22 recursos de respuesta a emergencia (comisaría, tambos, almacenes, y bomberos), 0 aeródromos, 4377.9 km de redes viales y 2272.7 km² de superficie agrícola bajo el nivel de riesgo “Muy Alto” por movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 48. Nivel de riesgo “Muy Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 2 a nivel provincial.

Escenario 2 - Muy Alto							
Provincia	Establecimientos de Salud (N°)	Instituciones educativas (N°)	Otras infraestructuras (N°)	Recursos de Respuesta a Emergencia (N°)	Aeródromos (N°)	Redes Viales (km)	Cobertura Agrícola (km ²)
Aija	2	26	0	2	0	88.0	45.2
Antonio Raymondi	3	10	0	0	0	27.0	29.6
Asunción	1	37	0	0	0	114.8	82.0
Bolognesi	6	29	1	0	0	351.0	112.9
Carhuaz	4	36	0	0	0	189.2	105.2
Carlos Fermín Fitzcarrald	11	97	2	3	0	171.4	161.5
Casma	0	4	0	0	0	18.5	5.5
Corongo	8	27	13	0	0	313.9	111.2
Huaraz	3	29	0	0	0	162.4	81.9
Huari	18	145	22	3	0	584.9	325.9
Huarmey	0.0	0.0	0.0	0.0	0	3.9	3.5
Huaylas	6.0	36.0	1.0	1.0	0	323.2	98.8
Mariscal Luzuriaga	15.0	132.0	5.0	3.0	0	272.7	200.0
Ocros	0.0	4.0	0.0	0.0	0	56.2	17.0
Pallasca	12.0	87.0	11.0	5.0	0	495.1	207.9
Pomabamba	13.0	139.0	6.0	2.0	0	202.4	185.8
Recuay	0.0	1.0	0.0	1.0	0	105.3	27.5
Santa	3.0	37.0	1.0	1.0	0	191.2	67.6
Sihuas	12.0	127.0	19.0	1.0	0	440.4	248.2
Yungay	5.0	51.0	0.0	0.0	0	266.6	155.8
Total	122.0	1054.0	81.0	22.0	0	4377.9	2272.7
Aija	23.6	31.7	34.6	21.0	0	40.6	45.6

Por otro lado, se ha determinado que existen 143 establecimientos de salud, 830 instituciones educativas, 44 otras infraestructuras (badén, pontón, puente), 20 recursos de respuesta a emergencia (comisaría, tambos, almacenes, y bomberos), 0 aeródromos, 3478.68 km de redes viales y 1395.12 km² de superficie agrícola bajo el nivel de riesgo “Alto” por movimientos en masa en el ámbito departamental.

Tabla 49. Nivel de riesgo “Alto” de otros elementos expuestos al Escenario de Riesgo – 2 a nivel provincial.

Escenario 2 - Alto							
Provincia	Establecimientos de Salud (N°)	Instituciones educativas (N°)	Otras infraestructuras (N°)	Recursos de Respuesta a Emergencia (N°)	Aeródromos (N°)	Redes Viales (km)	Superficie Agrícola (km ²)
Aija	5	23	0	1	0	131.3	39.9
Antonio Raymondi	9	65	0	3	0	105.4	90.5
Asunción	2	8	0	1	0	15.7	3.4
Bolognesi	4	29	3	3	0	273.9	75.0
Carhuaz	13	47	2	1	0	199.9	90.4
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	6	0	0	0	6.7	9.4
Casma	0	6	0	0	0	35.5	7.2
Corongo	0	6	1	0	0	31.7	11.6

Escenario 2 - Alto							
Provincia	Establecimientos de Salud (N°)	Instituciones educativas (N°)	Otras infraestructuras (N°)	Recursos de Respuesta a Emergencia (N°)	Aeródromos (N°)	Redes Viales (km)	Superficie Agrícola (km ²)
Huaraz	33	127	4	3	0	518.9	283.3
Huari	16	91	10	0	0	287.3	97.9
Huarmey	3.0	14.0	0.0	0.0	0	97.4	35.3
Huaylas	9	48	3	3	0	279.9592	121.7037
Mariscal Luzuriaga	3	16	0	0	0	4.530746	19.09242
Ocros	3	13	0	1	0	148.7533	52.52294
Pallasca	7	60	2	1	0	193.6601	72.9154
Pomabamba	5	35	5	1	0	33.39209	42.72754
Recuay	6	45	1	1	0	425.7129	89.4733
Santa	3	40	1	1	0	114.8484	27.45397
Sihuas	8	67	12	0	0	219.1903	88.76115
Yungay	14	84	0	0	0	354.9729	136.5377
Total	143	830	44	20	0	3478.683	1395.123
Aija	27.60618	24.9549	18.80342	19.04762	0	32.28254	27.97584

CAPÍTULO V – CONCLUSIONES

En el presente informe se determinó dos escenarios de peligros, el primero desencadenado por anomalías de precipitaciones en un evento de El Niño (Escenario-1) y el segundo escenario desencadenado por precipitaciones máximas bajo el percentil 99 (Escenario-2); además, se realizó el análisis de los elementos expuestos para ambos escenarios, determinándose los niveles de exposición y riesgo a nivel de centros poblados, distritos, vías e infraestructuras de comunicación, recursos de respuesta a emergencia y agricultura.

Según el Escenario-1 de peligro se estimó que el nivel de peligro que predomina es el “Muy Alto”, con el 42.2% del total de superficie del departamento de Áncash, le sigue el nivel de peligro “Alto” con el 39.8%, seguido del nivel de peligro “Medio” y “Bajo” con el 13.4% y 4.6% respectivamente. Además, predominan los centros poblados bajo los más altos niveles de peligro, en total 4603 (76.8% del total de centros poblados) en los niveles “Alto” y “Muy Alto”; a nivel distrital, predomina el nivel de peligro “Muy Alto”, 51.8% (86 distritos) y “Alto”, 42.2% (70 distritos), que representan el 94.0% del total de distritos del departamento de Áncash en los niveles más altos de peligro.

Por otro lado, con base a los resultados del Escenario-2, predominan los niveles de peligro “Alto” y “Muy Alto” con el 39.7% y 38.4% respectivamente de la superficie, seguido del nivel de peligro “Medio” y “Bajo” con el 13.7% y 8.2% del total de superficie respectivamente. Además, predominan los centros poblados bajo los más altos niveles de peligro, en total 4546 (75.9% del total de centros poblados) en los niveles “Alto” y “Muy Alto”; a nivel distrital, predominan los distritos bajo el nivel de peligro “Muy Alto”, 48.2% (80 distritos) y “Alto”, 44.0% (73 distritos), que representan el 92.2% del total de distritos del departamento de Áncash en los niveles más altos de peligro.

En cuanto al análisis de exposición, el cual fue aplicado para ambos escenarios, se determinó que, existen 3227 centros poblados en el nivel de exposición “Alto” y “Muy Alto” (53.8% del total de centros poblados), además, las provincias de Carhuaz, Huaraz, Huari, Huaylas, Santa, Sihuas y Yungay presentan en conjunto el 31.8% del total de centros poblados en los niveles más altos de exposición (Alto y Muy Alto). Por otro lado, en cuanto al nivel de exposición de los distritos, se determinó que, existen 5 en el nivel de “Alto” y 3 en el nivel “Muy Alto” de exposición, mientras que la mayoría de los distritos (158 distritos) se encuentran en el nivel “Medio” y “Bajo” de exposición.

En cuanto a los niveles de riesgo, se determinó que en total existen 3412 (57% del total de Áncash) centros poblados en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” para el Escenario de Riesgo-1, lo que representa 1065910 habitantes (98.4% del total de Áncash) y 289543 viviendas (97.9% del total de Áncash) expuestas al nivel de riesgo Alto” y “Muy Alto” por movimientos en masa para el departamento de Áncash; siendo las

provincias de Carhuaz, Casma, Huaraz, Huari, Huaylas, Santa y Yungay las que concentran la mayor cantidad de habitantes y viviendas en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”.

En cuanto al Escenario de Riesgo-2, se determinó que en total existen 3384 (57% del total de centros poblados de Áncash) centros poblados en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”, lo que representa 1064867 habitantes (98.3% del total de habitantes) y 289273 viviendas (97.8 % del total de viviendas) expuestas al nivel de riesgo “Alto” y “Muy Alto” por movimientos en masa para el departamento de Áncash. Por último, las provincias de Carhuaz, Casma, Huaraz, Huari, Huaylas, Santa y Yungay son las que concentran la mayor cantidad de habitantes y viviendas en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”.

A nivel distrital, se determinó que en total existen 71 distritos (en total para los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”) para el Escenario de Riesgo-1, lo que representa 902723 habitantes (82.9% del total de Áncash) y 243188 viviendas (81.9% del total de Áncash) expuestas al riesgo por movimientos en masa en el departamento de Áncash.

En cuanto al Escenario de Riesgo-2 a nivel distrital, se determinó que en total existen 68 distritos (en total para los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”), lo que representa 863041 habitantes (79.2% del total de habitantes en Áncash) y 231377 viviendas (77.9% del total de viviendas en Áncash) bajo los niveles “Alto” y “Muy Alto” de riesgo en total.

En relación con el Escenario de Riesgo-1, para el elemento expuesto de establecimientos de salud e instituciones educativas, se determinó que existen 266 (51.4% del total) y 1912 (57.5% del total) respectivamente en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” en el departamento de Áncash.

En cuanto al Escenario de Riesgo-2, para el elemento expuesto de establecimiento de salud e instituciones educativas, se determinó que existen 265 (51.2% del total) y 1884 (56.7% del total) respectivamente en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” en el departamento de Áncash.

Por otro lado, para el Escenario de Riesgo-1, el elemento expuesto de otras infraestructuras (como badenes, puentes, pontones) se determinó que existen en total 131 (56.0% del total) de estos elementos en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”. Además, para los recursos de respuesta a emergencia, se estimó que 44 elementos de estos (41.9% de recursos del total), están en el nivel de riesgo “Alto” y “Muy Alto”. En cuanto a los aeródromos, todos estos elementos expuestos están en el nivel de riesgo “Bajo” y “Medio”.

Por otro lado, para el Escenario de Riesgo-2, el elemento expuesto de otras infraestructuras (como badenes, puentes, pontones) se determinó que existen en total 125 (53.4% del total) de estos elementos en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”. Además, para los recursos de respuesta a emergencia, se

estimó que 42 elementos de estos (40.0% de recursos del total), están en el nivel de riesgo “Alto” y “Muy Alto”. En cuanto a los aeródromos, todos estos elementos expuestos están en el nivel de riesgo “Bajo” y “Medio”.

En el Escenario de Riesgo-1, los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” para el elemento expuesto de redes viales muestran una longitud de 7976.1 km en total (74.0% del total de Áncash), por otro lado, 3740.0km² (75.0% del total de Áncash) de superficie agrícola están expuestos a los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”.

En el Escenario de Riesgo-2, para el elemento expuesto de redes viales, presenta una longitud de 7856.6 km de longitud en los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto” en total (72.9% del total de Áncash), por otro lado, 3667.8 km² (73.5% del total de Áncash) de superficie agrícola están expuestos a los niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”.

CAPÍTULO VI – RECOMENDACIONES

Se sugiere coordinar con las instituciones técnicas—científicas con la finalidad de continuar mejorando la información primaria para la elaboración de escenarios de riesgo a nivel departamental, esto incluye:

- Coordinar con el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico para completar la información relacionada los insumos del modelo de peligro empleado en este informe, específicamente de factores condicionantes como la litología, geomorfología e hidrogeología a nivel departamental y a una escala de mayor detalle, se recomienda 1:50000.
- Coordinar con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología para generar el ráster de precipitaciones máximas diarias bajo diferentes percentiles con una mejora en la resolución espacial (se sugiere una resolución espacial menor a 1km, en lo posible 100m) aplicando metodologías de interpolación o downscaling estadístico, esto permitirá mejorar los resultados de los escenarios de peligro y riesgo con precipitaciones máximas expresados bajo percentiles.
- Coordinar con el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego e instituciones vinculadas para generar información actualizada sobre los usos del suelo y los cambios en este, cobertura vegetal y sus cambios de manera periódica, aprovechando la resolución espacial de proyectos espaciales en misiones de la USGS de LANDSAT 8-9 (15m) o de la constelación europea SENTINEL-2 (10m).
- Coordinar con el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña con la finalidad de que, para cuencas con superficies glaciares, se reconozcan glaciares colgantes o glaciares cuya pendiente en su superficie basal sea mayor a 25° y que estén en contacto con lagunas, esto con la finalidad de que puedan ser incluidas en la validación de los escenarios de peligro como zonas con potencial susceptibilidad a generar movimientos en masa asociados a masas glaciares.

Según los resultados de peligro, el Escenario de Peligro y Riesgo-1 por movimientos en masa desencadenados por lluvias extremas en eventos de Fenómeno El Niño en el ámbito departamental, se posiciona como el escenario más desfavorable o crítico para el departamento de Áncash, pues se presenta como el escenario en el que existen una mayor superficie (en término de peligro) y elementos expuestos (en término de riesgo) en los niveles “Alto” y “Muy Alto”; motivo por el que se recomienda utilizar los resultados del Escenario-1 por (Fenómeno El Niño) por parte de los Gobiernos Regionales y Locales para la planificación y ejecución de sus recursos en materia de gestión del riesgo de desastres.

Además, se sugiere considerar escenarios de eventos de Fenómeno El Niño para la costa norte y centro del Perú para estudios de escenarios de riesgo por movimientos en masa, por ser los eventos en donde se han registrado anomalías de precipitación muy superior a sus registros históricos.

Se recomienda la priorización de estudios de riesgo a mayor detalle, como las evaluaciones de riesgo o estudios elaborados por las entidades técnico-científicas para los distritos que hayan obtenido el nivel de riesgo "Muy Alto" en el Escenario de Riesgo-1.

Replicar la metodología empleada en este estudio para la determinación de escenarios de riesgo para otros departamentos del Perú, esto con la finalidad de determinar los niveles de riesgo de los elementos expuestos para cada región de estudio y se prioricen acciones en el marco de la gestión del riesgo de desastres. Para esto se debe homogenizar la información disponible como *inputs* para los modelos de peligro de las instituciones técnicas científicas, en su escala y formato, además, para aquellas regiones en donde se cuente con información de *inputs* en todos los cuadrángulos que abarque cada región en factores como litología, geomorfología y geomorfología, de una mejor escala con relación a la nacional (1:100000), se recomienda su uso en los modelos de peligro.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Achour, Y., Boumezbeur, A., Hadji, R., Chouabbi, A., Cavaleiro, V., & Bendaoud, E. A. (2017). Landslide susceptibility mapping using analytic hierarchy process and information value methods along a highway road section in Constantine, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(8). <https://doi.org/10.1007/s12517-017-2980-6>
- Ahyuni, Susetyo, B. B., Oktari, F., Nur, H., & Aziz, A. (2021). *The Difference of Landslide-Prone Areas Between Heuristic and Statistical Methods In Lima PuluK Kota Regency*. 5(2), 107–114.
- Aristizábal, E., & Yokota, S. (2006). Geomorfología Aplicada a La Ocurrencia De Deslizamientos En El Valle De Aburra Geomorphology Applied To Landslide Occurrence in the Aburrá Valley. *Año*, 73(January), 5–16.
- CAF. (1998). El fenómeno el niño 1997 - 1998. In *Corporacion Andina de Fomento* (Vol. 4). [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/675/Las lecciones de El Niño. Ecuador.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/675/Las%20lecciones%20de%20El%20Niño.%20Ecuador.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Corina Pineda, M., Martínez-Casasnovas, J. A., & Vilorio, J. (2016). RELACIÓN ENTRE LOS CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL Y LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN LA SERRANÍA DEL INTERIOR, VENEZUELA. *Interciencia*, 41(March), 190–198.
- Correa, K., Avalos, G., Cubas, F., Cruz, G. D. la, & Díaz, A. (2019). *Análisis Del Clima Y Cambio Climático*. 0–29.
- ENFEN. (2017). *Informe Técnico Extraordinario N ° 001-2017 / ENFEN EL NIÑO COSTERO 2017*.
- Gilany, N., & Iqbal, J. (2019). Simulation of Glacial Avalanche Hazards in Shyok Basin of Upper Indus. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56523-7>
- GORE ANCASH. (2018). *Plan regional de prevención y reducción de desastres 2018-2021*.
- INEI. (2018a). *Censos 2017: Nota de Prensa*. <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/censos-2017-departamento-de-ancash-cuenta-con-1-083-519-habitantes-11048/>
- INEI. (2018b). Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos. In *Revista del Centro de Investigación y Desarrollo del INEI - Economía, Sociedad y Estadística*. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf
- INEI. (2018c). *Peru: Crecimiento y distribución de la población total, 2017. Población censada mas población omitida* (Vol. 53, Issue 9). https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf
- INEI. (2022). *Áncash: Compendio Estadístico 2022* (Issue July).
- IPCC. (2021). Climate Change 2021. In *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Millán, C., Lavado-Casemiro, W., & Felipe, O. (2022). *Estimación de umbrales de lluvia para movimientos en masa potenciales a partir de datos diarios grillados en el Perú*.
- MINAM. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. In *Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural*. <https://www.gob.pe/minam>
- Ndonbou, R. M., Nkouathio, D. G., Tefogoum, G. Z., Guedjeo, C. S., Tematio, P., & Fenguia, S. N. D. (2022). Mass movements susceptibility analysis along the Southern Escarpment of the Bamileke Plateaus (Western Cameroon Highlands) using a GIS-based analytical approach. *Environmental Earth Sciences*, 81(5), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10240-z>
- Nelson, S. A. (2015). *Mass Movements*. Tulane University. <https://www2.tulane.edu/~sanelson/eens1110/massmovements.htm>
- Pourghasemi, H. R., Moradi, H. R., & Fatemi Aghda, S. M. (2013). Landslide susceptibility mapping by binary logistic regression, analytical hierarchy process, and statistical index models and assessment of their performances. *Natural Hazards*, 69(1), 749–779. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0728-5>
- Pourghasemi, Hamid Reza, Pradhan, B., & Gokceoglu, C. (2012). Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Natural Hazards*, 63(2), 965–996. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0217-2>
- SENAMHI. (2020). *Climas del Perú: Mapa de clasificación climática nacional*.

<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=tumbes&p=mapa-climatico-del-peru>

SENAMHI. (2023). *Lluvias máximas - escenarios críticos – con información climática durante el Fenómeno el Niño* (Vol. 2023).

Somos-Valenzuela, M. A., Chisolm, R. E., Rivas, D. S., Portocarrero, C., & McKinney, D. C. (2016). Modeling a glacial lake outburst flood process chain: The case of Lake Palcacocha and Huaraz, Peru. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(6), 2519–2543. <https://doi.org/10.5194/hess-20-2519-2016>

Sun, X., Chen, J., Bao, Y., Han, X., Zhan, J., & Peng, W. (2018). Landslide susceptibility mapping using logistic regression analysis along the Jinsha river and its tributaries close to Derong and Deqin County, southwestern China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(11), 1–29. <https://doi.org/10.3390/ijgi7110438>

Tang, Y., Feng, F., Guo, Z., Feng, W., Li, Z., Wang, J., Sun, Q., Ma, H., & Li, Y. (2020). Integrating principal component analysis with statistically-based models for analysis of causal factors and landslide susceptibility mapping: A comparative study from the loess plateau area in Shanxi (China). *Journal of Cleaner Production*, 277, 124159. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124159>

Villanueva, S. (2018). Gestión Logística de Donaciones de Piura en Acción: Fenómeno Niño Costero 2017. In *Universidad de Piura* (Vol. 2017). https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3463/ING_597.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wati, S. E., Hastuti, T., Widjojo, S., & Pinem, F. (2010). Landslide susceptibility mapping with heuristic approach in mountainous area a case study in Tawangmangu Sub District, Central Java, Indonesia. *ISPRS Technical Commission VIII Symposium on Networking the World with Remote Sensing*, 38, 248–253. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84855338750&partnerID=40&md5=c0a9cf2cd0af65badf286367a50708e1>

Zavala, B., Valderrama, P., Pari, W., Luque, G., & Barrantes, R. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Ancash* (Issue 1).

VIII. ANEXOS

8.1 Nivel de exposición por centro poblado

Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: ACCPP_Exps

8.2 Nivel de exposición por distrito

Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: ADistritos_Exps

8.3 Exposición otros elementos expuestos

Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: AOtrosElxExp

8.4 Niveles de peligro de centros poblados por Escenario-1 y Escenario-2

Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: BPlg_CCPP_E1_E2

8.5 Niveles de peligro de distritos por Escenario-1

Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: BPlg_DistESC1AREA

8.6 Niveles de peligro de distritos por Escenario-2

Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: BPlg_DistESC2AREA

8.7 Comparación entre número de centros poblados y distritos bajo diferentes niveles de peligro

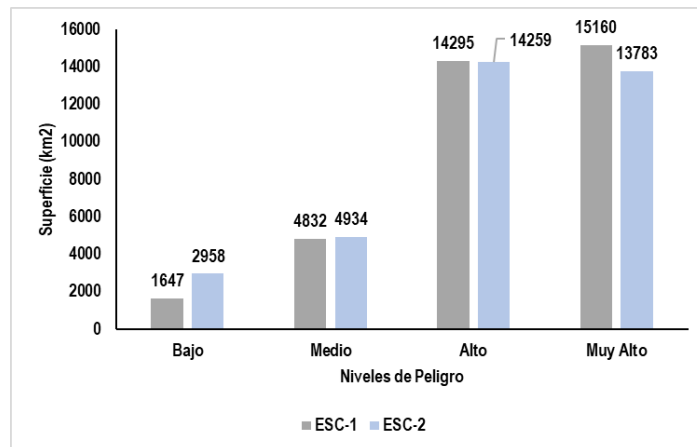
Provincia	Niveles de Peligro Escenario-1								Niveles de Peligro Escenario- 2							
	Bajo		Medio		Alto		Muy Alto		Bajo		Medio		Alto		Muy Alto	
	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos	N° de centros poblados	N° de distritos
Aija	0	0	16	0	104	5	72	0	0	0	18	0	108	5	66	0
Antonio Raymondi	0	0	40	1	141	4	33	1	0	0	46	2	141	4	27	0
Asunción	0	0	0	0	2	0	115	2	0	0	0	0	6	0	111	2
Bolognesi	0	0	144	1	144	6	143	8	3	0	138	0	138	6	152	9
Carhuaz	0	0	71	1	111	3	118	7	0	0	73	1	111	4	116	6
Carlos Fermín Fitzcarrald	0	0	6	0	16	0	198	3	0	0	9	0	16	0	195	3
Casma	70	1	72	1	10	0	6	2	85	2	58	0	10	1	5	1
Corongo	0	0	6	0	6	0	51	7	0	0	6	0	6	0	51	7
Huaraz	4	0	127	0	392	10	139	2	8	0	118	0	423	10	113	2
Huari	0	0	86	1	133	1	332	14	0	0	91	2	152	1	308	13
Huarmey	33	0	44	0	56	5	1	0	47	0	30	1	56	4	1	0
Huaylas	0	0	156	0	112	4	123	6	3	0	175	0	113	6	100	4
Mariscal Luzuriaga	0	0	1	0	20	0	260	8	0	0	1	0	19	0	261	8
Ocros	7	0	64	0	59	9	31	1	30	0	58	0	54	9	19	1
Pallasca	0	0	22	0	150	1	244	10	0	0	24	0	154	1	238	10
Pomabamba	0	0	8	0	34	0	261	4	0	0	8	0	34	0	261	4
Recuay	10	0	80	0	159	10	37	0	6	0	74	0	168	10	38	0
Santa	107	2	117	2	48	2	148	3	176	3	57	2	63	2	124	2
Sihuas	0	0	6	0	60	4	242	6	0	0	6	0	60	4	242	6
Yungay	0	0	94	0	145	6	147	2	1	0	99	0	157	6	129	2
Total	231	3	1160	7	1902	70	2701	86	359	5	1089	8	1989	73	2557	80
%	3.9	1.8	19.4	4.2	31.7	42.2	45.1	51.8	6.0	3.0	18.2	4.8	33.2	44.0	42.7	48.2

8.8 Comparación entre la superficie (km²) expuestos a los diferentes niveles de peligro

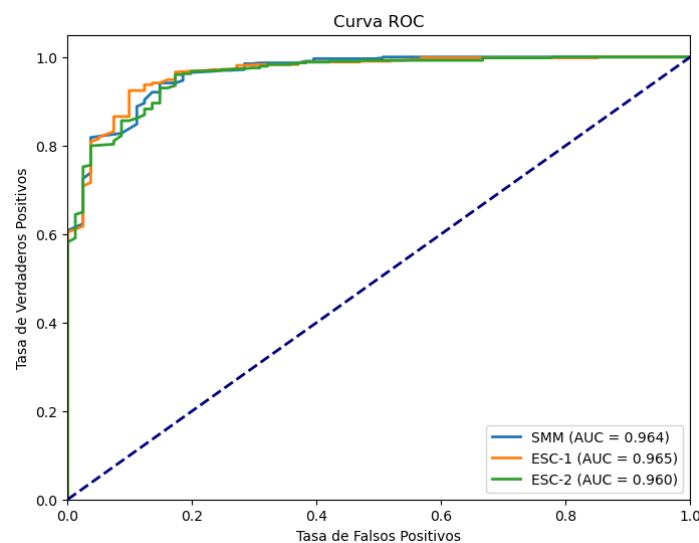
Libro Excel: 4toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: BPIgESC1_2_AREA

ÁREA					
ESCENARIO PELIGRO 1			ESCENARIO PELIGRO 2		
Value	Área (km ²)	%	Value	Área (km ²)	%
Bajo	1646.5	5	Bajo	2957.6	8.2
Medio	4831.9	13	Medio	4933.8	13.7
Alto	14295.1	40	Alto	14258.7	39.7
Muy Alto	15159.6	42	Muy Alto	13782.9	38.4

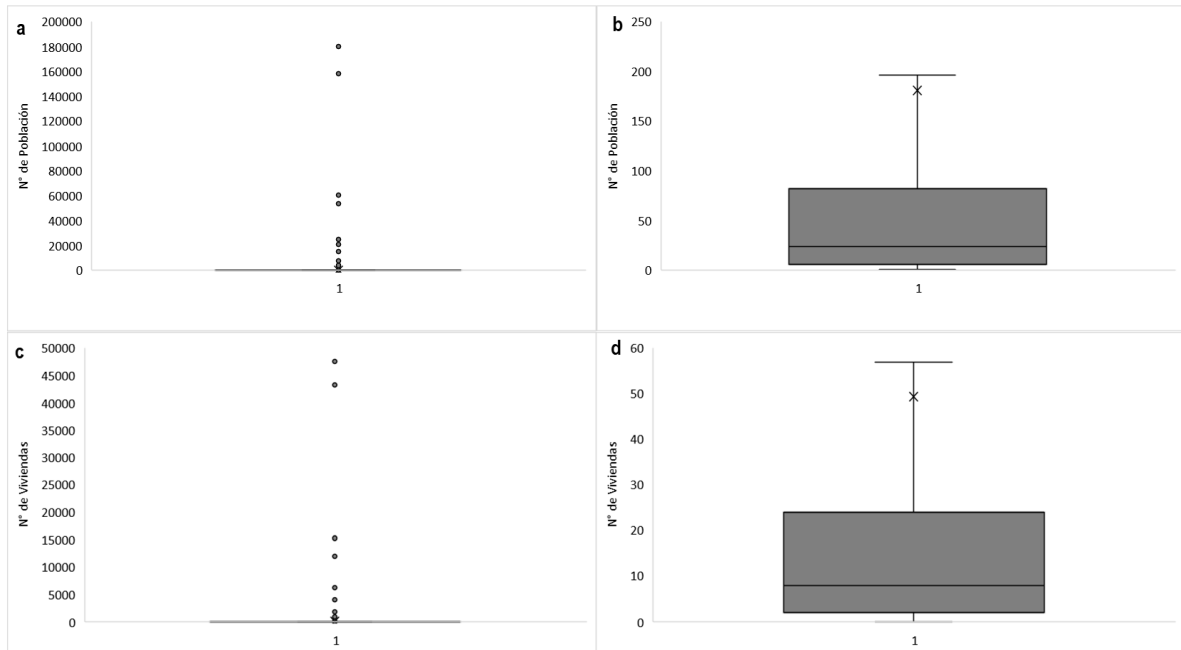


8.9 Valor del área bajo la curva



El valor de AUC para el mapa de movimientos en masa (curva azul), Escenario de Peligro-1 (curva naranja) y Escenario de Peligro-2 (curva verde).

8.10 Gráfico de bigotes



En “a” y “b” se muestra el gráfico de bigotes sin (a) y con (b) valores atípicos (círculos) del número de población y en “c” y “d” el del número de viviendas.

8.11 Niveles de Riesgo

8.11.1 Centro Poblado, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: CCPP_RiskE1_E2

8.11.2 Distritos, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: Distr_Riesgo_E1_E2

8.11.3 Instituciones educativas, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: IIEE_Risk_E1_E2

8.11.4 Establecimientos de salud, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: EESS_Risk_E1_E2

8.11.5 Otras infraestructuras, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: Otralnf_Risk_E1_E2

8.11.6 Recurso de respuesta a emergencia, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: RRE_Risk_E1_E2

8.11.7 Aeródromos, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: Aerod_Risk_E1_E2

8.11.8 Red vial, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: RedVial_Risk_E1

Hoja: RedVial_Risk_E2

8.11.9 Superficie agrícola, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: SupAgrcl_Risk_E1

Hoja: SupAgrcl_Risk_E2

8.11.10 Resumen de otros elementos expuestos “Alto” y “Muy Alto”, Escenario-1 y 2

Libro Excel: 5toEntregable_OS105_2023.xlsx

Hoja: Resumen_A_MA