



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EVALUACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO DE DESASTRE
POR MOVIMIENTO EN MASA EN PERIODOS DE LLUVIAS DE
DICIEMBRE A FEBRERO EN LA PROVINCIA DE CARABAYA –
PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DEIVIS BLADIMIR RUELAS ALVAREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A la memoria de mi padre Tomas, por enseñarme el camino de la vida. A mi madre Juana, por ser mi razón de vida. A mis queridos hermanos.

Bladimir Ruelas

“Es responsabilidad nuestra hacer lo que podamos, aprender lo que podamos, mejorar las soluciones y transmitirlas”

(Richard Feynman - Nobel de física, 1965)



AGRADECIMIENTOS

Al “Superhombre-Imperfecto” bondadoso justo y razonable como luz de esperanza de la humanidad, por haber encendido la luz en mi ser.

A mi familia, que siempre me motiva a seguir creciendo como persona y como profesional.

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano. A la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y sus docentes, así mismo a mi asesor de tesis el M.Sc. Ing. Agustín Víctor Vélez Vilca por su orientación y dirección. A los miembros del Jurado, Dr. Jaime César Rodrigo Martínez, Msc. Ing. Ronald Quiza Vilca, Msc. Ing. Dany E. Alave Chata, por sus esfuerzos para la mejora de la presente investigación. Así mismo a la Dra. Sofía L. Benavente Fernández, por su apoyo desde inicios de esta tesis.

Al programa MINAM+CAF del Ministerio del Ambiente y todo el maravilloso equipo, por brindarme la oportunidad de desempeñarme profesionalmente en el área de Evaluación del Riesgo, del cual surge la presente tesis.

Al Msc. Ing. Hermenegildo Tiznado Panca, como uno de mis primeros mentores en la aventura de las ciencias de la tierra, a la Ing. Edith Núñez Almanza, al Ing. Moisés Sandoval V., al Msc. Ing. Lizardo Fachín Malaverry, al Ing. Roger Escobedo.

A mis amigos, quienes me apoyaron en la presente investigación como el Ing. Alejandro López Ramírez, al Dr. Efraín Y. Turpo C., al Msc. Eloy León Ch., al Msc. Samuel Yufra S., al Ing. Franco Cuya.; y a los amigos que siempre me motivan a seguir adelante, Leónidas A.T., Eder M.Y., Wilder Z.C., Marco A. y otros.

Bladimir Ruelas

“La gratitud es la memoria del corazón”

(Lao Tse – Filósofo chino)



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 23

ABSTRACT..... 24

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES 25

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 27

1.2.1. Pregunta general 27

1.2.2. Pregunta específica 28

1.3. OBJETIVOS 28

1.3.1. Objetivo general..... 28

1.3.2. Objetivos específicos 28

1.4. HIPÓTESIS..... 29

1.4.1. Hipótesis general..... 29

1.4.2. Hipótesis Específica..... 29

1.5. JUSTIFICACIÓN..... 29

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 31

2.1.1. Antecedentes Internacionales 31

2.1.2. Antecedentes Nacionales 32

2.1.3. Antecedentes Regionales 34

2.2. MARCO CONCEPTUAL..... 35

2.3. MARCO TEORICO 39

2.3.1. Fenomenología del Territorio 39

2.3.2. Catástrofes por movimientos en masa en el contexto global..... 41

2.3.3. Movimientos en masa 46



2.3.3.1. Tipología de los movimientos en masa.....	48
2.3.3.2. Factores condicionantes	51
2.3.3.3. Factores desencadenantes.....	51
2.3.4. Peligro.....	52
2.3.5. Vulnerabilidad	54
2.3.5.1. Exposición.....	56
2.3.5.2. Fragilidad	56
2.3.5.3. Resiliencia.....	56
2.3.6. Riesgo	57
2.3.7. Análisis de procesos jerárquico - AHP.....	62

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS	69
3.1.1. Materiales.....	69
3.1.2. Equipos	69
3.1.3. Recurso humano	70
3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	71
3.2.1. Metodología de identificación	71
3.2.2. Diseño metodológico	72
3.2.3. Variables	72
3.2.4. Población	73
3.2.5. Muestra	73
3.2.6. Criterio metodológico de trabajo	73
3.2.6.1. Trabajo de recopilación de información pre existentes.....	74
3.2.6.2. Trabajo de campo.....	74
3.2.6.3. Trabajo de gabinete post-campo	75

CAPITULO IV CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. AREA DE ESTUDIO	77
4.1.1. Ubicación	77
4.1.2. Accesibilidad	78
4.2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA.....	79
4.2.1. Generalidades.....	79
4.2.2. Estratigrafía.....	80



4.2.2.1. Precámbrico.....	85
4.2.2.2. Paleozoico	85
4.2.2.3. Mesozoico	90
4.2.2.4. Cenozoico.....	92
4.2.3. Litología de rocas magmáticas o ígneas	100
4.2.4. Geología Estructural	112
4.3. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	114
4.3.1. Morfogénesis de la provincia de Carabaya.....	114
4.3.1.1. Morfotectónica regional	114
4.3.1.2. Morfogénesis cuaternaria	117
4.3.1.3. Morfogénesis del holoceno y tiempo actual	118
4.3.2. Gran Ambiente morfoestructural	118
4.3.2.1. Planicies	118
4.3.2.2. Colinas	119
4.3.2.3. Montañas	120
4.3.3. Unidades Geomorfológicas.....	121
4.3.3.1. Unidades Geomorfológicas de Planicies.....	121
4.3.3.2. Unidades Geomorfológicas de Colinas.....	126
4.3.3.3. Unidades Geomorfológicas de Montañas	129
4.3.3.4. Unidades Comunes	136
4.3.4. Procesos morfodinámicos	142
4.3.4.1. Erosión en cárcavas.....	143
4.3.4.2. Erosión por movimientos en masa	143
4.3.4.3. Erosión fluvial y torrencial.....	144
4.4. CARACTERIZACIÓN DE PENDIENTES DEL TERRENO.....	144
4.5. CARACTERIZACIÓN DE COBERTURA VEGETAL	147
4.5.1. Descripción de unidades de cobertura vegetal.....	147
4.6. CARACTERIZACIÓN DEL USO ACTUAL DE TIERRAS (UAT)	161
4.6.1. Caracterización de las unidades de uso de la tierra	161
4.7. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA	173
4.7.1. Clima.....	173
4.7.2. Temperatura	174
4.7.3. Precipitación pluvial	175



4.8. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA	189
4.8.1. Aspectos Sociales	190
4.8.1.1. Población.....	190
4.8.1.2. Índices Demográficos.....	193
4.8.1.3. Densidad Poblacional.....	194
4.8.1.4. Indicadores Sociales.....	196
4.8.1.5. Vivienda	198
4.8.1.6. Educación.....	201
4.8.1.7. Salud.....	202
4.8.2. Aspectos Económicos	203
4.8.2.1. Sectores económicos	203
4.8.2.2. Infraestructura económica vial.....	204

CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO POR MOVIMIENTO EN MASA	205
5.1.1. Diagnóstico del peligro	205
5.1.2. Análisis de los factores condicionantes	208
5.1.2.1. Pendientes	208
5.1.2.2. Geomorfología	210
5.1.2.3. Litología	212
5.1.2.4. Cobertura vegetal	215
5.1.3. Análisis del factor desencadenante	217
5.1.3.1. Precipitación Pluvial	218
5.1.4. Análisis y elección del escenario del riesgo de desastre.....	220
5.1.4.1. Tipos de escenarios existentes	220
5.1.4.2. Escenario propuesto en el área de investigación.....	224
5.1.5. Modelización de la susceptibilidad por movimiento en masa	225
5.1.6. Modelización del peligro por movimiento en masa.....	229
5.2. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	235
5.2.1. Análisis de la vulnerabilidad poblacional frente al peligro por movimiento en masa	235
5.2.1.1. Evaluación de la fragilidad y resiliencia social.....	240
5.2.1.2. Evaluación de la fragilidad y resiliencia económica.....	254



5.2.2. Análisis de la vulnerabilidad de la red vial frente al peligro por movimiento en masa	280
5.2.2.1. Evaluación de la fragilidad y resiliencia de la red vial	283
5.2.3. Análisis de la vulnerabilidad del uso actual de tierras UAT frente al peligro por movimiento en masa.....	289
5.3. ESTIMACIÓN DEL ESCENARIO DEL RIESGO DE DESASTRE.....	296
5.3.1. Estimación del escenario del riesgo por movimiento en masa de los centros poblados	301
5.3.2. Estimación del escenario del riesgo por movimiento en masa de la red vial	303
5.3.3. Estimación del escenario del riesgo por movimiento en masa del uso actual de tierras UAT	307
5.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE	314
5.4.1. Medidas de prevención estructural	314
5.4.1.1. Obras de Regulación	315
5.4.1.2. Obras de Rectificación	321
5.4.1.3. Obras de Protección	322
5.4.2. Medidas de Prevención No Estructural	329
5.4.2.1. Medidas permanentes.....	330
5.4.2.2. Medidas de monitoreo.....	330
VI. CONCLUSIONES	332
VII. RECOMENDACIONES	334
VIII. REFERENCIAS	336
ANEXOS.....	346

ÁREA: Seguridad y Medio Ambiente

LÍNEA: Geodinámica y Riesgos Geológicos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 de octubre de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución Global del Peligro por movimientos en masa.....	45
Figura 2.	Clasificación de los procesos de remoción en masa.....	49
Figura 3.	Clasificación de movimientos en masa en 6 tipos principales	50
Figura 4.	Estados de estabilidad de una ladera en condiciones secas y húmedas.....	52
Figura 5.	Clasificación de los peligros.....	54
Figura 6.	Composición gráfica de la ecuación del riesgo de desastre.....	61
Figura 7.	Estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre	62
Figura 8.	Equipo de trabajo.....	71
Figura 9.	Diagrama metodológico del escenario del riesgo por movimientos en masa	76
Figura 10.	Ubicación de la provincia de Carabaya.	78
Figura 11.	Mapa de acceso a la provincia de Carabaya	79
Figura 12.	Columna estratigráfica generalizada de la provincia de Carabaya.....	81
Figura 13.	Perfil geológico longitudinal A-A' y B-B'	110
Figura 14.	Distribución porcentual de las unidades litológicas	111
Figura 15.	Mapa de estructuras geológicas.....	113
Figura 16.	Unidades morfoestructurales de la Provincia de Carabaya.	115
Figura 17.	Esta foto muestra la unidad morfoestructural Altiplano.....	115
Figura 18.	Unidad morfoestructural Cordillera Oriental	116
Figura 19.	Unidad morfoestructural Faja Subandina1	117
Figura 20.	Altiplanicie de Crucero.....	119
Figura 21.	Montañas de la Cordillera Oriental	120
Figura 22.	Altiplanicie conformada sobre depósitos de material fluvio-glaciar.	122
Figura 23.	Planicie compleja, con lomadas y ondulaciones en la depresión tectónica de Macusani.	123
Figura 24.	Valle del Río Inambari, a la altura del poblado de Oroya.	124
Figura 25.	Valle glacial emplazado en el curso alto del río Ninahuisa.	125
Figura 26.	Planicie inclinada cerca de Mazuco.....	126
Figura 27.	Colinas altas y bajas subandinas moderadamente empinadas flanqueado el Valle del Río Inambari.	128
Figura 28.	Colinas altas con laderas de pendientes empinadas.....	129



Figura 29.	Laderas montañosas inclinadas en las proximidades al abra de Achasiri.	130
Figura 30.	Montaña situada en uno de los contrafuertes de la cordillera oriental. ...	132
Figura 31.	Valle del Río Macusani en las inmediaciones de Tantamaco.	134
Figura 32.	Valle intermedio del Río San Gabán.	136
Figura 33.	Actividad Antrópica de tejidos urbanos.	137
Figura 34.	Fotografía del río Ollachea ubicado en el distrito del mismo nombre. ...	138
Figura 35.	Lagunas o cuerpos de agua.	140
Figura 36.	Nevados en las partes altas de Carabaya	141
Figura 37.	Distribución de unidades geomorfológicas en el área de estudio.....	142
Figura 38.	Unidades de pendientes y su distribución porcentual.....	147
Figura 39.	Áreas de actividades económicas y montañas rocosas.....	149
Figura 40.	Zonas de bofedales, bosques de colinas, montañas y terrazas.....	150
Figura 41.	Zonas de pastizales en las zonas altoandinas.....	155
Figura 42.	Zonas de pajonales en las zonas altoandinas.	158
Figura 43.	Unidades de Cobertura vegetal en el área de estudio	160
Figura 44.	Afloramientos rocosos-Corani.....	162
Figura 45.	Zonas de extracción minera.	163
Figura 46.	Zonas quemadas.	164
Figura 47.	Bosque denso bajo entrada a San Gabán.	165
Figura 48.	Zona de cultivos en seña de selva.....	166
Figura 49.	Mosaico de cultivos del ámbito del distrito de San Gabán.....	167
Figura 50.	Zona de pajonales densos.	168
Figura 51.	Zonas de plantaciones forestales	170
Figura 52.	Cultivos de papa. Vulnerables por movimiento en masa de laderas	170
Figura 53.	Unidades de Uso Actual de Tierra en el área de estudio	172
Figura 54.	Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica Crucero.	177
Figura 55.	Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica Macusani.....	177
Figura 56.	Distribución temporal de la precipitación estacional (mm).....	178
Figura 57.	Distribución temporal de la precipitación estacional (mm).....	179
Figura 58.	Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica Ollachea.	180



Figura 59.	Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica San Gabán.....	180
Figura 60.	Distribución temporal de la precipitación estacional (mm): a) Verano – DEF, b) Otoño – MAM, c) Invierno – JJA y d) Primavera – SON, estación meteorológica Ollachea.	181
Figura 61.	Distribución temporal de la precipitación estacional (mm).....	182
Figura 62.	Distribución espacial de la precipitación total anual (mm).....	184
Figura 63.	Distribución espacial de la precipitación total promedio para verano (mm) – diciembre - enero - febrero (DEF).....	185
Figura 64.	Distribución espacial de la precipitación total promedio para otoño (mm) – marzo-abril-mayo (MAM).....	186
Figura 65.	Distribución espacial de la precipitación total promedio para invierno (mm), junio-julio-agosto (JJA).....	187
Figura 66.	Distribución espacial de la precipitación total promedio para primavera (mm), setiembre-octubre-noviembre (SON)	188
Figura 67.	Distribución de las precipitaciones pluviales según zonas lluviosas.....	189
Figura 68.	Carabaya: Población Por Sexo, 2007 Y 2017 (Porcentaje).....	190
Figura 69.	Carabaya: Evolución de la población por grupos de edad, 2007 Y 2017 (Porcentaje).....	191
Figura 70.	Carabaya: Evolución de la población por área de residencia, 2007, 2016. (Porcentaje).....	192
Figura 71.	Carabaya: Tasa de crecimiento de la población y proyección al 2040 (Porcentaje).....	194
Figura 72.	Carabaya: Densidad poblacional 2007 y 2017 (Habitante por kilómetro cuadrado)	195
Figura 73.	Carabaya: evolución del Índice de Desarrollo Humano 2007, 2010-12 (Porcentaje).....	197
Figura 74.	Carabaya: Cambio en los niveles de pobreza 2007, 2009, 2013 (Porcentaje).....	198
Figura 75.	Carabaya: Material predominante de las paredes 2007 y 2017 (Porcentaje)	199
Figura 76.	Carabaya: material predominante de los pisos 2007 y 2017 (Porcentaje)	200
Figura 77.	Carabaya: Servicios básicos 2007 Y 2017 (Porcentaje).....	201



Figura 78.	Carabaya: Nivel educativo alcanzado 2007 Y 2017 (Porcentaje)	202
Figura 79.	Carabaya: cobertura del sistema integral de salud 2007 y 2016 (Porcentaje)	203
Figura 80.	Índice de frecuencia de fenomenologías más recurrentes de movimientos en masa.	206
Figura 81.	Frecuencia de eventos de fenómenos de movimientos en masa en el área de estudio.....	207
Figura 82.	Áreas de unidades de pendientes ponderados con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa.....	210
Figura 83.	Áreas de unidades litológicas ponderados con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa	212
Figura 84.	Áreas litológicas ponderadas con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa	215
Figura 85.	Áreas de cobertura vegetal ponderada con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa	217
Figura 86.	Áreas expuestas a precipitaciones pluviales ponderados con niveles según intensidad de lluvias	219
Figura 87.	Mapa de puntos Sísmico de la provincia de Carabaya entre los años (1972 – 2013).....	222
Figura 88.	Esquema conceptual de la modelización de la susceptibilidad a movimientos de masa	225
Figura 89.	Áreas susceptibles a movimientos en masa.....	228
Figura 90.	Esquema conceptual del modelo de peligros por movimientos en masa	230
Figura 91.	Distribución porcentual de áreas con niveles de peligrosidad por movimientos en masa	234
Figura 92.	Esquema conceptual del submodelo de vulnerabilidad.....	236
Figura 93.	Concentración de centros poblados con diferentes niveles de vulnerabilidad	279
Figura 94.	Vulnerabilidad vial por movimiento en masa.....	281
Figura 95.	Niveles de vulnerabilidad de vía según cantidad de kilómetros.....	288
Figura 96.	Niveles de vulnerabilidad de UAT según cantidad de hectáreas.....	294
Figura 97.	Esquema conceptual del escenario del riesgo desastre por movimientos en masa	297
Figura 98.	Concentración de centros poblados con diferentes niveles de riesgo.....	302



Figura 99. Niveles de riesgo de vía según cantidad de kilómetros.....	307
Figura 100. Niveles de riesgo de vía según extensión en hectáreas	312
Figura 101. Medidas preventivas y correctivas en laderas de las rocas y suelos.....	315
Figura 102. Abatimiento de la pendiente utilizando corte y relleno.....	316
Figura 103. Reducción de la altura del talud o remoción de material de la cabeza de un talud.....	317
Figura 104. Abatimiento de la pendiente utilizando corte y relleno.....	317
Figura 105. Diferentes tipologías de bermas.....	318
Figura 106. Tacones de tierra y/o escolleras.....	319
Figura 107. Drenajes verticales y horizontales	320
Figura 108. Esquema en planta de canales colectores Espina de Pescado.....	321
Figura 109. Cobertura Vegetal como estabilizador en laderas, las raíces pueden estabilizar una ladera a niveles del regolito y saprolito.....	322
Figura 110. Disipadores de energía en quebradas y laderas de tipo roca asentada con concreto en quebradas y estructuras artesanales a base de troncos en laderas.....	323
Figura 111. Barrera dinámica contra caída de rocas.....	324
Figura 112. Barreas dinámicas.....	325
Figura 113. Estructuras de contención en concreto tipo Ciclópeo, Simple y Reforzado	325
Figura 114. Mallas ancladas en taludes de rocas inestables	326
Figura 115. Paso de flujo de detritos sobre túneles	327
Figura 116. Protección mediante túneles y cobertizos.....	327
Figura 117. Protección contra flujo de detritos.....	328
Figura 118. Gaviones de protección contra deslizamientos.....	329
Figura 119. Sensor de Redes Inalámbricas “Wireless Network Sensor” (WSN) en zonas de laderas inestables	331
Figura 120. Medidas de monitoreo instrumentado en taludes inestables.....	331
Figura 121. Monitoreo de taludes mediante control topográfico - “Bench Mark MB”	331



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Movimientos en masa más catastróficos del siglo XX: en todo el mundo ..	42
Tabla 2	Movimientos en masa más catastróficos en el Perú.....	44
Tabla 3	Procesos que más probablemente desencadenaron catastróficos movimientos en masa en América del Sur.....	52
Tabla 4	Escala de valores de Saaty 1980	65
Tabla 5	Estandarizada para Incidencias Aleatorias (IA)	68
Tabla 6	Materiales empleados en campo y gabinete.....	69
Tabla 7	Equipos empleados en campo y gabinete	70
Tabla 8	Brigada de estudio.....	71
Tabla 9	Operacionalización de las variables	73
Tabla 10	Coordenadas de ubicación de la provincia de Carabaya.....	77
Tabla 11	Coordenadas Geográficas de la provincia de Carabaya.....	77
Tabla 12	Estratigrafía de las unidades litológicas de todo el ámbito de estudio	83
Tabla 13	Características hidrográficas de ríos en el área de estudio	138
Tabla 14	Principales lagunas de Carabaya.....	139
Tabla 15	Climas de la provincia de Carabaya según Thornthwaite (1931)	173
Tabla 16	Temperaturas mínimas promedio de la Prov. Carabaya (sierra y selva) ...	174
Tabla 17	Temperaturas máximas promedio de la Prov. Carabaya (sierra y selva)...	174
Tabla 18	Ubicación de estaciones meteorológicas (SENAMHI).....	175
Tabla 19	Carabaya: división política de la provincia Carabaya.....	189
Tabla 20	Carabaya: población por sexo, según distritos, 2007 y 2017(Porcentaje) .	191
Tabla 21	Carabaya: población por grandes grupos de edad, según distritos, 2007 (porcentaje)	191
Tabla 22	Carabaya: Población por área de residencia, según distritos, 2007 y 2016 (Porcentaje).....	193
Tabla 23	Carabaya: tasa de crecimiento poblacional y proyección al 2040 según distrito	194
Tabla 24	Carabaya: densidad poblacional, según distrito, 2007 y 2017.....	196
Tabla 25	Carabaya: nivel educativo, según distrito, 2007 y 2017 (Porcentaje).....	202
Tabla 26	Carabaya: estructura económica	203
Tabla 27	Carabaya: características de las vías de comunicación terrestre.....	204



Tabla 28	Ponderación de unidades de pendientes susceptibles al movimiento en masa	209
Tabla 29	Ponderación de unidades geomorfológicas susceptibles al movimiento en masa	211
Tabla 30	Ponderación de unidades litológicas susceptibles al movimiento en masa	213
Tabla 31	Ponderación de unidades de cobertura vegetal susceptibles al movimiento en masa	216
Tabla 32	Ponderación de rangos de precipitaciones pluviales que desencadenan movimientos en masa.....	219
Tabla 33	Matriz de comparaciones de los factores de susceptibilidad	226
Tabla 34	Matriz de normalización de los factores de susceptibilidad	226
Tabla 35	Calculo del Vector para estimación del factor lambda max	227
Tabla 36	Indicadores de índice de consistencia y relación de consistencia.....	227
Tabla 37	Áreas con niveles de susceptibilidad por movimiento en masa – Carabaya	228
Tabla 38	Niveles de Estratificación del Peligro por Movimiento en Masa	231
Tabla 39	Matriz de variables e indicadores del submodelo de peligros por movimientos en masa.....	232
Tabla 40	Criterios de valoración para modelo de peligrosidad.....	233
Tabla 41	Áreas con niveles de peligro por movimiento en masa - Carabaya.....	234
Tabla 42	Niveles de Estratificación de la Vulnerabilidad para Movimiento en Masa	237
Tabla 43	Matriz de análisis multicriterio del sub modelo de vulnerabilidad social .	239
Tabla 44	Matriz de comparación de pares de grupos etarios para el análisis de vulnerabilidad social	240
Tabla 45	Matriz de normalización de grupos etarios para el análisis de fragilidad social	241
Tabla 46	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias.	241
Tabla 47	Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos. ..	242
Tabla 48	Representación de descriptores según grupo etario para el análisis de fragilidad social.....	242
Tabla 49	Flujo de proceso de datos del grupo etario para el análisis de fragilidad social	243



Tabla 50	Matriz de comparación de pares del factor “discapacidad” para el análisis de vulnerabilidad social	244
Tabla 51	Matriz de normalización de “discapacidad” para el análisis de fragilidad social	244
Tabla 52	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias.	245
Tabla 53	Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos. ..	246
Tabla 54	Representación de descriptores según tipo de discapacidad para el análisis de fragilidad social	246
Tabla 55	Flujo de proceso de datos del factor discapacidad para el análisis de fragilidad social.....	246
Tabla 56	Matriz de comparación de pares del factor “tipo de seguro” para el análisis de vulnerabilidad social	247
Tabla 57	Matriz de normalización de “discapacidad” para el análisis de resiliencia social	248
Tabla 58	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias.	248
Tabla 59	Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos. ..	249
Tabla 60	Representación de descriptores según tipo de discapacidad para el análisis de resiliencia social	249
Tabla 61	Flujo de proceso de datos del factor tipo de seguro de salud para el análisis de resiliencia social	250
Tabla 62	Matriz de comparación de pares del factor “tipo de seguro” para el análisis de vulnerabilidad social	251
Tabla 63	Matriz de normalización de “nivel educativo” para el análisis de resiliencia social	251
Tabla 64	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor nivel educativo	252
Tabla 65	Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos. ..	252
Tabla 66	Representación de descriptores según tipo de discapacidad para el análisis de resiliencia social	253
Tabla 67	Flujo de proceso de datos del factor nivel educativo para el análisis de resiliencia social.....	253



Tabla 68	Matriz de comparación de pares del factor “Vivienda-material de pared” para el análisis de vulnerabilidad económica.....	254
Tabla 69	Matriz de normalización de “vivienda-material de pared” para el análisis de fragilidad económica.....	255
Tabla 70	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor vivienda-material de pared	256
Tabla 71	Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos. ..	256
Tabla 72	Representación de descriptores según tipo de material de pared-vivienda para el análisis de fragilidad económica	257
Tabla 73	Flujo de proceso de datos del factor “tipo de pared-vivienda” para el análisis de fragilidad económica	257
Tabla 74	Matriz de comparación de pares del factor “Vivienda-material de piso” para el análisis de vulnerabilidad económica	258
Tabla 75	Matriz de normalización de “vivienda-material de pared” para el análisis de fragilidad económica.....	259
Tabla 76	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor vivienda-material de piso.....	259
Tabla 77	Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “material de piso-vivienda”	260
Tabla 78	Representación de descriptores según tipo de material de piso-vivienda para el análisis de fragilidad económica	260
Tabla 79	Flujo de proceso de datos del factor “tipo de piso-vivienda” para el análisis de fragilidad económica	261
Tabla 80	Matriz de comparación de pares del factor “Vivienda-tipo de tenencia” para el análisis de vulnerabilidad económica	262
Tabla 81	Matriz de normalización de “vivienda-tipo de tenencia” para el análisis de resiliencia económica.....	263
Tabla 82	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor “vivienda - tipo de tenencia”	263
Tabla 83	Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “vivienda-tipo de tenencia”	264
Tabla 84	Representación de descriptores según tipo de material de piso-vivienda para el análisis de resiliencia económica	265



Tabla 85	Flujo de proceso de datos del factor “vivienda-tipo de tenencia” para el análisis de resiliencia económica	265
Tabla 86	Matriz de comparación de pares del factor “abastecimiento de agua” para el análisis de vulnerabilidad económica	266
Tabla 87	Matriz de normalización de “abastecimiento de agua” para el análisis de resiliencia económica.....	267
Tabla 88	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor “abastecimiento de agua”	268
Tabla 89	Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “abastecimiento de agua”	268
Tabla 90	Representación de descriptores según “abastecimiento de agua” para el análisis de resiliencia económica	269
Tabla 91	Flujo de proceso de datos del factor “abastecimiento de agua” para el análisis de resiliencia económica	269
Tabla 92	Matriz de comparación de pares del factor “servicios higiénicos” para el análisis de vulnerabilidad económica	271
Tabla 93	Matriz de normalización de “servicios higiénicos” para el análisis de resiliencia económica.....	272
Tabla 94	Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor “servicios higiénicos”	273
Tabla 95	Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “servicios higiénicos”	273
Tabla 96	Representación de descriptores según tipo de servicios higiénicos para el análisis de resiliencia económica	274
Tabla 97	Flujo de proceso de datos del factor “servicios higiénicos” para el análisis de resiliencia económica	274
Tabla 98	Flujo de Proceso en conjunto de la fragilidad social para la modelización de la vulnerabilidad.....	275
Tabla 99	Flujo de Proceso en conjunto de la resiliencia social para la modelización de la vulnerabilidad.....	275
Tabla 100	Flujo de Proceso en conjunto de la fragilidad económica para la modelización de la vulnerabilidad	276
Tabla 101	Flujo de Proceso en conjunto de la resiliencia económica para la modelización de la vulnerabilidad	276



Tabla 102	Flujo de Proceso en conjunto de la vulnerabilidad social para la modelización de la vulnerabilidad	277
Tabla 103	Flujo de Proceso en conjunto de la vulnerabilidad económica para la modelización de la vulnerabilidad	277
Tabla 104	Flujo de Proceso final de la vulnerabilidad social y económica total para la modelización de la vulnerabilidad	278
Tabla 105	Concentraciones porcentuales de ccpp con diferentes niveles de vulnerabilidad	279
Tabla 106	Matriz de análisis multicriterio del sub modelo de vulnerabilidad vial.....	282
Tabla 107	Flujo de proceso de datos de superficie de vía y estado de vía para la modelización de la vulnerabilidad	283
Tabla 108	Flujo de Proceso de datos de superficie de vía y estado de vía para la modelización de la vulnerabilidad	284
Tabla 109	Flujo de Proceso de datos de fragilidad y resiliencia para el análisis y modelización de la vulnerabilidad	285
Tabla 110	Clasificación de niveles de vulnerabilidad de red vial según superficie de rodadura de vía.....	287
Tabla 111	Clasificación de niveles de vulnerabilidad de red vial según clase de vía.	287
Tabla 112	Resumen de niveles de vulnerabilidad de la red vial.....	288
Tabla 113	Clasificación de niveles de vulnerabilidad por movimiento en masa del Uso Actual de Tierras.....	291
Tabla 114	Resumen de niveles de vulnerabilidad del UAT.....	293
Tabla 115	Resumen de niveles de vulnerabilidad del UAT.....	294
Tabla 116	Niveles de Estratificación del Riesgo por Movimiento en Masa.....	298
Tabla 117	Matriz de cálculo de valores del riesgo.....	300
Tabla 118	Matriz de niveles de consecuencias y daños del riesgo de desastre	300
Tabla 119	Matriz de niveles de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo de desastre ..	301
Tabla 120	Concentraciones porcentuales de ccpp con diferentes niveles de riesgo por Movimiento en masa - Carabaya	303
Tabla 121	Clasificación de niveles de riesgo de red vial según superficie de rodadura de vía.....	305
Tabla 122	Clasificación de niveles de vulnerabilidad de red vial según superficie de rodadura de vía.....	305
Tabla 123	Resumen de niveles de vulnerabilidad de la red vial.....	306



Tabla 124 Clasificación de niveles de riesgo por movimiento en masa del Uso Actual de Tierras	309
Tabla 125 Resumen de niveles de riesgo del UAT	311
Tabla 126 Lista de unidades de uso actual de tierras con riesgo	312



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AHP	: Analytic Hierarchy Process (Análisis de Proceso Jerárquico)
BDPI	: Base de Datos de Pueblos Indígenas
CAF	: Cooperación Andina de Fomento
CENAPRED	: Centro Nacional de Prevención de Desastres – México
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre – Perú
CEPLAN	: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico - Perú
CCPP	: Centros Poblados
DEM	: Digital Model Elevation (Modelo de Elevación Digital)
EPP	: Equipo de Protección Personal
Ec.	: Ecuación
GPS	: Global Position System (Sistema de Posicionamiento Global)
GRD	: Gestión del Riesgo de Desastre
IDH	: Índice de Desarrollo Humano
Ha	: Hectáreas
I.E.	: Institución Educativa
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	: Instituto nacional de estadística e informática
IGME	: Instituto Geológico Minero de España
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
IPRESS	: Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud
MEF	: Ministerio de Economía y Finanzas
MINAGRI	: Ministerio de Agricultura
MINAM	: ministerio del Ambiente
MINSA	: Ministerio de Salud
MPa	: Mega Pascales
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
ONU	: Organización de las Naciones Unidas
OT	: Ordenamiento territorial
PCM	: Presidencia del Consejo de Ministros
PEA	: Población Económicamente Activa
PNUD	: Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo



PLANAGERD: Plan Nacional de Gestión del Riesgo

PP-068 : Programa Presupuestal - 068

PROTERRA : Programa de Investigación en Cambio Climático, Desarrollo Territorial y Ambiente - IIAP

RRD : Reducción del Riesgo de Desastre

SAT : Sistema de Alerta Temprana

SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SINAGERD : Sistema Nacional del Gestión del riesgo de Desastre

SINPAD : Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres

SIS : Seguro Integral de Salud

SIG : Sistema de Información Geográfica

TDD : Tasa de Dependencia Demográfica

UAT : Uso Actual de Tierras

UNDRO : United Nations Disaster Relief Organization (Organización de la Naciones Unidas para el Socorro en casos de Desastres)

UNESCO : Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UNDRR : UN Office for Disaster Risk Reduction (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre)

USGS : The United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)

WLF : World Landslide Forum (foro mundial de deslizamientos y/o movimientos en masa)

ZEE : Zonificación Ecológica y Económica

TRMM : The Tropical Rainfall Measuring Mission (Misión de Medición de Lluvias Tropicales)

PISCO : Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's. Climatological and hydrological Observations



RESUMEN

La presente tesis de investigación forma parte de los estudios de Zonificación Ecológica – Económica del proceso de Ordenamiento Territorial, que se desarrolló en todo el ámbito político administrativo de la provincia de Carabaya (departamento de Puno) en un área de **1,239,365.35(ha)**; teniendo como objetivo evaluar el escenario del riesgo de desastre por movimiento en masa a escala 1:50,000 para estimar, prevenir y reducir el riesgo de desastre, en un escenario de lluvias de temporalidad trimestral de diciembre-enero-febrero. La metodología empleada es cualitativa de tipo no experimental, y transversal de alcance descriptivo-correlacional. Esta investigación contempla estudios base del medio físico como caracterización, geológica, geomorfológica, pendientes, cobertura vegetal y climatología, para la identificación del peligro; así también caracterización del medio socioeconómico como población, infraestructura vial y uso actual de tierras, para el análisis de vulnerabilidad; seguidamente se estimó el riesgo de desastre mediante la ecuación (**$R=P*V$**) *Riesgo= Peligro*Vulnerabilidad*, resultando (05) cinco niveles cualitativos del riesgo. Los resultados muestra 273428.32ha (22.06%) con peligro de nivel muy alto; por otra parte se han analizado 1209 centros poblados (CCPP) de los cuales 432(36%) CCPP tienen riesgo de nivel alto; así mismo 572(47%) CCPP tienen vulnerabilidad de nivel alto; seguidamente de un total de 2185.5 kilómetros(km) de red vial, existen 101.13km (4.63%) con riesgo muy alto; así mismo 456.8 km (20.9%) con vulnerabilidad muy alto; finalmente se muestra 17041.45ha (1.38%) de uso actual de tierra (UAT) con nivel de riesgo muy alto, comprometiendo actividades mineras y de cultivo; seguidamente 47153.23ha (3.80%) de (UAT) con vulnerabilidad muy alta.

Palabras Clave: Carabaya, movimiento en masa, peligro, riesgo de desastre, vulnerabilidad.



ABSTRACT

This research thesis is part of the Ecological-Economic Zoning studies of the Territorial Ordering process, which was developed throughout the political-administrative area of the province of Carabaya (department of Puno) in an area of 1,239,365.35(ha); with the objective of evaluating the disaster risk scenario due to mass movement at a scale of 1:50,000 to estimate, prevent and reduce the risk of disaster, in a scenario of quarterly seasonal rains from December-January-February. The methodology used is qualitative of a non-experimental type, and cross-sectional with a descriptive-correlational scope. This research includes basic studies of the physical environment such as geological, geomorphological, slopes, vegetation cover and climatology characterization, for hazard identification; as well as characterization of the socioeconomic environment such as population, road infrastructure and current land use, for vulnerability analysis; Next, the disaster risk was estimated using the equation $(R=P*V)$ Risk=Hazard*Vulnerability, resulting in (05) five qualitative levels of risk. The results show 273428.32ha (22.06%) with very high level hazard; On the other hand, 1,209 populated centers (CCPP) have been analyzed, of which 432 (36%) CCPP have a high level risk; Likewise, 572 (47%) CCPP have a high level of vulnerability; Following a total of 2185.5 kilometers of road network, there are 101.13km (4.63%) with very high risk; likewise 456.8 km (20.9%) with very high vulnerability; finally, 17041.45ha (1.38%) of current land use (UAT) is shown with a very high risk level, compromising mining and farming activities; then 47153.23ha (3.80%) of (UAT) with very high vulnerability.

Keywords: Carabaya, disaster risk, landslide, hazard, vulnerability.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El presente estudio de evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa forma parte de los procesos de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) establecida por el Decreto Supremo DS-087-2004-PCM mismo que se llevó a cabo en todo el ámbito político administrativo de la provincia de Carabaya del departamento de Puno bajo el monitoreo del Ministerio del Ambiente MINAM, el cual se elaboró a una escala regional de 1:50,000 por tanto el nivel de detalle de estudio se ve condicionada por dicha escala de trabajo. El Territorio Peruano es uno de los países con una gran variabilidad climática y mayor diversidad geográfica con relieves de gran complejidad condicionados por la cadena montañosa de los Andes, en donde la zona de investigación (provincia de Carabaya) está comprendida por cordillera y selva alta subandina con morfologías y relieves desde los llanos amazónicos hasta los escarpados de la cordillera oriental y una diferencia altitudinal desde los 300 m.s.n.m. hasta los 5600 m.s.n.m. aproximadamente; así mismo presenta intensas precipitaciones pluviales llegando a superar los 3200mm trimestrales de diciembre a febrero, debido a estas condiciones físico-climáticas del territorio, se producen geodinámicas de movimientos en masa como deslizamientos, desprendimiento de roca, flujo de sedimentos, huaycos, etc., generando desastres y pérdidas en las poblaciones vulnerables, actividades económicas agrícolas, pecuarias, infraestructuras de red vial (carretera interoceánica y otros). Por lo tanto el estudio del riesgo de desastre tiene como objetivo evaluar el escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa en



periodos de lluvias de diciembre a febrero, a escala 1:50,000 para la estimación, prevención y reducción del riesgo de desastre en todo el ámbito de la provincia de Carabaya, mediante la caracterización el medio físico, socioeconómico y climático; identificación el peligro por movimiento en masa; análisis la vulnerabilidad de los elementos expuestos como centros poblados, uso actual de tierras, e infraestructura vial; y la estimación del escenario del riesgo de desastre de los centros poblados, infraestructura vial y uso actual de tierras frente al peligro por movimiento en masa. Para la evaluación del escenario del riesgo de desastre en la provincia de Carabaya, previamente comprende estudios de caracterización geológica, geomorfológica, pendientes, cobertura vegetal, precipitaciones pluviales, uso actual de tierras, y del medio socioeconómico, estos estudios interactúan mediante las modelizaciones resultando modelos de peligros y vulnerabilidad, finalmente los modelos de se someten a la ecuación del riesgo $R=P*V$ (Manual EVAR-CENEPRED, 2015), resultando modelos de riesgo por movimientos en masa. La evaluación del riesgo de desastre por movimientos en masa es de vital importancia por ser uno de los fenómenos de mayor recurrencia en la provincia de Carabaya, estos fenómenos afectan fundamentalmente las actividades socioeconómicas estratégicas para el desarrollo de la provincia; los procesos geodinámicos afectan anualmente líneas vitales de red vial nacional, departamental, vecinales y de otro tipo; así mismo también se ven comprometidas las actividades agrícolas. En consecuencia la presente tesis de investigación está estructurada en 8 capítulos, donde el capítulo 01: “Introducción” como parte introductoria trata sobre el planteamiento del problema, objetivos, hipótesis y justificación; Seguidamente el capítulo: 02 “Revisión de la Literatura” comprende los antecedentes (internacionales, nacionales y regionales), marco conceptual, y marco teórico; así mismo el capítulo: 03



“Materiales y métodos” define la investigación, acogiendo los materiales, equipos, y recurso humano, así mismo el método-diseño-criterio metodológico, variable, población y muestra; en el capítulo: 04 “Caracterización del área de estudios” se desarrolla estudios base de la geología, geomorfología, pendientes, cobertura vegetal, uso actual de tierras, climatología, y aspectos socioeconómicos; seguidamente en el capítulo 05: “Resultados y discusión” como eje de la investigación identifica los peligros, se analizan las vulnerabilidades, y se estiman los escenarios de riesgo de desastre; y finalmente los capítulos 06, 07, y 08, tratan las conclusiones, recomendaciones, y referencias respectivamente.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La evolución y desarrollo de los asentamientos poblacionales, conexiones vitales de redes viales, y el uso actual de tierras son significativamente condicionadas por los procesos naturales agresivos de movimientos en masa suscitados anualmente con costos de vidas humanas y bienes económicos, y que comprometen en detrimento el desarrollo de estas sociedades. Por lo cual es necesario generar instrumentos de zonificación del riesgo para una adecuada gestión del territorio mediante la estimación, prevención y reducción del riesgo de desastre.

1.2.1. Pregunta general

¿Cuáles son los niveles del riesgo de desastre por movimiento en masa a efectos de las precipitaciones pluviales de diciembre a febrero, en las dimensiones sociales y económicas, en todo el ámbito de la provincia de Carabaya?



1.2.2. Pregunta específica

- ¿Cuáles son las características del medio físico, socioeconómico y climático?
- ¿Cuáles son los niveles de peligro por movimiento en masa?
- ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad de la población, red vial y uso actual de tierras frente al peligro por movimiento en masa?
- ¿Cuáles son los niveles de riesgo de la población, red vial y uso actual de tierras en un escenario de precipitación pluvial de diciembre a febrero?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa en periodos de lluvias de diciembre a febrero, a escala 1:50,000 para la estimación, prevención y reducción del riesgo de desastre en todo el ámbito de la provincia de Carabaya.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el medio físico como, geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal, así mismo aspectos socioeconómicos y climáticos
- Identificar el peligro por movimiento en masa a partir de la caracterización del medio físico.
- Analizar la vulnerabilidad de elementos expuestos como centros poblados, uso actual de tierras, e infraestructura vial.
- Estimar el escenario del riesgo de desastre de los centros poblados, infraestructura vial y uso actual de tierras frente al peligro por movimiento en masa.



1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

La evaluación del escenario de riesgo de desastre por fenómeno natural de movimiento en masa **permitirá estimar, prevenir, y reducir el riesgo de desastre** del medio social y económico, categorizados en niveles cualitativos de riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

1.4.2. Hipótesis Específica

- Al **caracterizar** el medio físico, socioeconómico y climático nos permitirá determinar el peligro y vulnerabilidad
- Al **identificar** el peligro por movimiento en masa, se conocerá cuáles son los niveles de peligrosidad en la provincia de Carabaya.
- Al **analizar** la vulnerabilidad se conocerá cuáles son los niveles de vulnerabilidad de los centros poblados, red vial y uso actual de tierras.
- Al **estimar** el escenario del riesgo de desastre se determinará cuáles son los niveles de riesgo existente en los centros poblados, red vial y uso actual de tierras, para la prevención y reducción del riesgo.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La provincia de Carabaya situada en la cadena montañosa oriental y subandina de los andes del sur del Perú; está comprendida predominantemente por una cordillera altoandina y selva alta subandina que posee una morfología de relieve accidentado donde excepcionalmente las precipitaciones pluviales superan los 3200mm trimestrales de diciembre – enero – febrero, por estas condiciones físico-climáticas del territorio, se producen geodinámicas de movimientos en masa,



aunado a ello la deficiente planificación en gestión del riesgo de desastre, donde se generan daños y pérdidas en actividades económicas agrícolas, pecuarias, e infraestructuras de red vial, más aun comprometiendo vidas humanas. Por ello la evaluación del escenario del riesgo de desastre hará un aporte significativo generando un instrumento técnico científico para la prevención del riesgo por movimiento en masa y evitando altos costos económicos en procesos de reconstrucción y programas sociales de subsidio económico, cabe mencionar que según las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre (UNDRR) estima que **por cada dólar invertido en la prevención y reducción del riesgo de desastre se podrían ahorrar hasta 15 dólares en la recuperación después de un desastre, y por cada dólar invertido en infraestructura resistente a los desastres ahorra 4 dólares en la reconstrucción** (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre – UNDRR, 2020), por lo cual es de suma importancia la inversión en la reducción del riesgo de desastre. En efecto, la presente investigación coadyuva al cumplimiento con la política del estado peruano donde prioriza e implementa las políticas de gestión del riesgo de desastre denominado “política 32” el que se manifiesta mediante normativa en el sistema nacional de gestión del riesgo desastre SINAGERD, así mismo el presente estudio se ajusta a una de sus prioridades del marco de “Sendai” (Japón) siendo este la “comprensión del riesgo de desastre” para la prevención, celebrado en la tercera conferencia mundial de las Naciones Unidas (ONU).



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Los riesgos de desastres a lo largo de la historia del hombre han estado siempre latentes y en respuesta a ello una de las civilizaciones más antiguas de la humanidad como las comunidades de la antigua Babilonia que se asentaron en el valle de Eufrates y Tigris, 3200 A.C., existió los llamados “Asipu” o sacerdote, y una de varias funciones era la de servir como consultor interprete de los dioses para la toma de difíciles decisiones con consecuencia de éxito o fracaso, ganancia o pérdida. (Oppenheim, 1977 citado en Cardona, 2002). En todas las antiguas civilizaciones como los Mayas, los Aztecas, los Incas en américa, o en la china, Egipto y Mesopotamia, realizaron sistemas de control de inundaciones o de deslizamientos. (Cardona, 2002). Actualmente en muchos países del mundo han tomado conciencia respecto a los riesgos de desastres, en la década de 1970 y en los 80. Así mismo hoy en día existe el “Marco de Sendai” para la reducción del riesgo de desastres (2015-2030) es un documento internacional adoptado por países miembros de la ONU entre el 14 y el 18 de marzo de 2015 durante la Conferencia Mundial sobre Reducción de Riesgo de Desastres celebrada en Sendai, Japón, y aprobado por la asamblea general de las Naciones Unidas en junio de 2015. El Perú cuenta con la normativa del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) creado por la Ley N° 29664, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos



mediante sus órganos de competencia como es el Centro nacional de Estimación Prevención y reducción del riesgo de desastre (CENEPRED).

University Of Cambridge “Developing Scenarios For Disaster Risk Reduction - Center for Risk Studies” (2020). En este artículo de investigación indica que el banco Mundial propuso una metodología para identificar qué caminos son más críticos para Perú y de aquellos que son más expuestos a un desastre natural, a través de simulaciones por Sistema de Información Geográfico (SIG). Así mismo este artículo propone un marco de desarrollo de escenarios paso a paso como: a) Alcance el riesgo, b) Conducta Investigación de fondo, c) enmarcar el escenario, d) Desarrollar Escenarios candidatos, e) Desarrollar una narración, f) Evaluar los impactos y materialidad, g) Comunicar y actuar, y h) Evaluar y actualizar.

Lacasse S. et-al (2010), International Centre for Geohazards (ICG) y el (IGI) de Noruega, este artículo resume que las estadísticas del Centro de Investigación sobre Epidemiología de los Desastres (CRED) muestran que los deslizamientos de laderas son responsables de al menos el 17% de todas las muertes por peligros naturales en todo el mundo, así mismo en una de sus conclusiones indica que las complejidades y detalles técnicos de la gestión del riesgo de geo-peligros pueden ocultar fácilmente, que cualquier estrategia está integrada en un contexto social/político.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Klauer A. (2000, p.68) menciona que los primeros hombres de los Andes 10000 a.C. con cierta periodicidad veían que la tierra jugaba en contra de sus intereses de caza, recolección y su propia vida, siendo los aludes,



huaycos, desborde de ríos, erupciones volcánicas, y terremotos los culpables de tal aflicción, generando un fuerte sentimiento místico y temor, quedando así la tierra convertida en religión andina. Lo mencionado según este autor podríamos asociarlo con los orígenes de concepción de la Pachamama.

Fukuyama et al. (2016) en el Perú la Cultura Caral 5000 a.C. contemporánea a las civilizaciones más antiguas de la humanidad como Mesopotamia, China, Egipto, desarrollaron las “Shicras” (canastas a base de tejidos de hilos de fibra vegetal rellenas de rocas) usados como subestructuras en las edificaciones de Caral que atenuarían las aceleraciones sísmicas para afrontar fenómenos naturales como terremotos.

Passuni (2011) en su tesis “Ocupación Humana no Planificada y Riesgo en la Ciudad de Cusco - Caso Microcuenca de Sacramayo” de la universidad PUCP-2011, concluye mencionando que la gestión del riesgo para que sea efectiva debe comprender y comprometer todos sus componentes del sistema, además indica que la atención únicamente del peligro aporta una mirada sesgada del sistema dificultando la comprensión integra en consecuencia resultando poco efectiva y muy costosa; así mismo indica que la aplicación de políticas territoriales, el fortalecimiento de constante y desarrollo de capacidades reducen la vulnerabilidad, asegurando así una reducción del riesgo a largo plazo; además indica que las instituciones que trabajan en la gestión del riesgo no realizan trabajo articulado, no discuten estrategias, en los gobiernos locales la responsabilidad recae en profesionales no especializados, considerando eso un problema para la gestión efectiva del riesgo.



Aricochea (2016) en su tesis “Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del Rio Omayá Distrito de Pichari, Provincia de La Convención – Región Cusco” de la universidad UNMSM-2016, Llega a la conclusión de que las formaciones litológicas de pizarra y lutitas deleznales del grupo San José presenta una susceptibilidad de moderada a baja, sin embargo cuando se alteran el equilibrio del talud de ladera se producen deslizamientos, así mismo indica que cuando se producen lluvias excepcionales en verano y durante el fenómeno del niño acarreado material en las partes bajas a manera de flujo de detritos (Huaycos), formando conos de deyección. También señala que para la elaboración de un mapa de susceptibilidad es básico emplear mapas litológicos, geomorfológicos, pendientes, mapa de suelos, uso actual del suelo y vegetación, y como medidas de estabilización recomienda la reforestación en laderas, construcción de muros de contención, desatado de rocas, enmallados, y canalización de aguas.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Castro (2017) en su tesis “Evaluación de Riesgos Geológicos de la Zona Urbana, Distrito de Ollachea - Carabaya” de la universidad UNAPUNO-2017, concluye identificando 5 tipos de movimientos en masa como caída de rocas, flujo de detritos, vuelcos, erosión de laderas y erosión fluvial, y según lo identificado en las quebradas del distrito de Ollachea ocurrieron de manera excepcional no registrada en los últimos 10 años, además indica que estos fenómenos podrían afectar de manera significativa a zonas urbanas sobre todo los que están en lechos de quebrada.



En la región de Puno se ha elaborado pocos estudios de riesgos de desastres principalmente si es movimiento en masa teniendo como antecedentes los estudios de peligros múltiples generado en el proceso de Meso Zonificación Ecológica y Económica a escala 1:100,000 realizado en todo el ámbito del departamento de Puno, que fue aprobado en el año 2014 por el ministerio del Ambiente, seguidamente se ha elaborado el estudio de riesgos por heladas que ha sido desarrollado por el Gobierno regional de Puno elaborado por el Centro de operaciones de emergencia nacional COER-PUNO. De esta manera se prevé elaborar uno de los primeros estudios de “Evaluación del escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa en periodos de lluvias de diciembre a febrero en la provincia de Carabaya - Puno”, para los procesos de Zonificación Ecológica y Económica a escala 1:50,000 donde se contempla la evaluación del riesgo de desastre según lo establecido en el artículo 8, literal d) del Decreto Supremo DS-087-2004-PCM donde contempla la naturaleza de este tipo de estudios.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Amenaza**

Proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales. (Comunidad Andina, 2018, pág.5)

- **Desastre**

Interrupción grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad en cualquier escala y debido a la ocurrencia de fenómenos peligrosos que interaccionan con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad,



ocasionando impactos y pérdidas de vida, salud, materiales, económicas y ambientales. (Comunidad Andina, 2018, pág.10)

- **Escenario de riesgo**

Son fragmentos o campos delimitados de las condiciones de riesgo del territorio presentes o futuras, que facilitan tanto la comprensión y priorización de los problemas como la formulación y ejecución de las acciones de intervención requeridas. Un escenario de riesgo se representa por medio de la caracterización y/o análisis de los factores de riesgo, sus causas, la relación entre las causas, los actores causales, el tipo y nivel de daños que se pueden presentar, la identificación de los principales factores que requieren intervención, así como las medidas posibles a aplicar y los actores públicos y privados que deben intervenir en la planeación, ejecución y control de las líneas de acción. (Comunidad Andina, 2018, pág.12)

- **Exposición**

Son condiciones de susceptibilidad que tienen los agentes vulnerables de ser afectados por su cercanía en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su fragilidad física ante los mismos.

- **Fragilidad**

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, Manual Evar v2, 2015)



- **Gestión del Riesgo de Desastre**

La gestión del riesgo de desastres es la aplicación de políticas y estrategias de reducción del riesgo de desastres con el propósito de prevenir nuevos riesgos, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia y reducción de las pérdidas por desastres. (Comunidad Andina, 2018, pág.14)

- **Modelización cartográfica**

Es el uso del algebra de mapas como lenguaje en un ambiente de sistema de información geográfica SIG iniciando un uso avanzado en el análisis, modelación de procesos, y toma de decisiones que nos permita la resolución de problemas espaciales concretos. (Universidad de Murcia - SIGMUR. 2006)

- **Movimiento en masa**

Referido a aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efecto de la gravedad (Cruden, 1991).

- **Ordenamiento territorial (OT)**

Es un proceso técnico, administrativo, y político de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio. (Ministerio del ambiente – MINAM)

- **Peligro**

Probabilidad de que un fenómeno físico potencialmente dañino, de origen natural o producido por la acción humana, se presente en un lugar



específico, con una cierta intensidad y un periodo de retorno. (Reglamento de la Ley 29664 del SINAGERD, 2011)

- **Reducción del Riesgo de desastre**

La Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) tiene como objetivo reducir los daños causados por peligros naturales como terremotos, inundaciones, sequías y ciclones, a través de una ética de prevención. No existe tal cosa como un desastre 'natural', solo peligros naturales (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre - UNDRR, 2021)

- **Resiliencia**

Capacidad de las personas, familias, comunidad, entidades públicas, actividades económicas, estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir, y recuperarse del impacto de un peligro e incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro.

- **Riesgo de desastre**

Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia debido a su condición de vulnerabilidad por el impacto de un peligro (D.S. 048-2011-PCM. Reglamento de Ley Nro. 29664 SINAGERD)

- **Susceptibilidad**

Son condiciones intrínsecas o propia de un espacio geográfico referida a la mayor o menor disposición a ser modificado por eventos naturales. La susceptibilidad del territorio ante un peligro natural se obtiene relacionando



los factores condicionantes del área en evaluación (CENEPRED, Manual Evar v3, 2019)

- **Vulnerabilidad**

Es la susceptibilidad de la población, la estructura física, o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por la acción de un peligro y/o amenaza (Reglamento de Ley 29664 del SINAGERD, 2011)

- **Zonificación Ecológica Económica**

La Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) es un proceso dinámico y flexible para la identificación de alternativas de uso sostenible de un territorio, considerando sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales (MINAM. 2019. Pág.4).

2.3. MARCO TEORICO

2.3.1. Fenomenología del Territorio

El territorio nacional conformada por una variada topografía de condiciones altitudinales y climáticas, permite los sucesos de múltiples series de eventos de fenómenos naturales y antrópicos, que, según el grado de vulnerabilidad, se producen cuantiosas pérdidas humanas y materiales. Los fenómenos geológicos de superficie como derrumbes, deslizamientos, caída/desprendimiento de rocas, avenidas torrenciales, aluviones, flujos de lodo y escombros, aludes, avalanchas, etc., colectivamente denominados Fenómenos Geológicos de Superficie (FGS) son los que han ocasionado desastres de mayor magnitud en el Perú y son desencadenados, disparados o detonados, principalmente por procesos hidrometeorológicos, volcánicos,



erosivo-gravitacionales, actividad sísmica y actividad antrópica (Ocola L. & Gómez J. octubre 2014)

La fenomenología del territorio peruano es amplia y diversa y para su mejor comprensión se divide en cuatro (04) grandes grupos según CENEPRED:

a) Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna

- Sismo
- Tsunami
- Vulcanismo

b) Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa

- caída de rocas, derrubio de rocas, o rodaduras
- Volcamientos
- Deslizamientos
- Propagación lateral - procesos de dilatación
- Flujos (avalancha, alud 1970 Huascarán, huayco lloclla aluvión)
- Reptación
- Deformación gravitacional profunda licuación licuefacción

c) Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos

- Lluvias intensas
- Inundaciones
- Oleajes anómalos
- Sequías
- Descenso de temperatura
- Granizadas
- Tormentas eléctricas
- Vientos fuertes
- Erosión
- Incendio forestal
- Ola de calor



- Desglaciación
 - Fenómeno de la niña
- d) Peligros inducidos por la acción humana
- Peligros químicos: explosiones, gases inflamables, líquidos inflamables.
 - Peligros físicos: radiaciones ionizantes (radio, microondas, infrarrojo, ultravioleta, luz visible) y no ionizantes (rayos X, rayos gamma)
 - Peligros biológicos: están compuestos por agentes biológicos, virus, bacterias, residuos hospitalarios, toxinas biológicas.

2.3.2. Catástrofes por movimientos en masa en el contexto global

Los movimientos en masa a nivel global es uno de los fenómenos naturales que más daños ha causado a la humanidad principalmente a los sectores más vulnerables. Veamos el panorama global que el Servicio Geológico de los Estados Unidos ha registrado los movimientos en masa catastróficos que incluye año, país, proceso desencadenante, volumen de material, impacto y comentarios (**Ver tabla 01**). Por otra parte, el Perú es uno de los países de la región con más desastres por este tipo de fenómenos suscitados entre los años 1941 a 1974 (**Ver tabla 02**), y en respuesta a ello surgen organismos estatales como el INDECI y paulatinamente otros organismos y recientemente el CENEPRED para prevenir y reducir los riesgos de desastres.

Tabla 1
Movimientos en masa más catastróficos del siglo XX: en todo el mundo

Año	País (Estado / Provincia)	Nombre y Tipo (s)	Proceso de Activación (desencadenante)	Volumen de material (m ³)	Impacto	Comentarios
1911	Tadzhik Rep. (Formerly USSR)	Deslizamiento de roca usoy	Terremoto de Usoy M = 7,4	2.0 x 10 ⁹	Destruyó la aldea de Usoy; 54 muertos; Represó el río Murgab, incautando el lago Sarez de 65 km de largo aún existente	pocos damnificados debido a la escasa población
1919	Indonesia (Java)	Kalut lahars (Flujos de lodo volcánico)	Erupción del volcán Kalut	185 km ²	5110 muertos; 104 pueblos destruidos o dañados	El drenaje del lago del cráter provocó flujos de lodo caliente
1920	China (Ningxia)	Haiyuan landslides	Terremoto de Haiyuan	-	100000 muertos; muchos pueblos destruidos	El drenaje del lago del cráter provocó flujos de lodo caliente
1921	Kazakh Rep. (formerly USSR)	Alma-Ata debris flow	Deshielo	-	500 muertos	Flujo de escombros en el valle del río Alma-Atinka
1933	China (Sichuan)	Deixi landslides	Terremoto de Deixi M = 7,5	>150 x 10 ⁶	66800 muertos por deslizamientos de tierra; 2500 se ahogaron cuando falló la presa por deslizamiento	El terremoto provocó varios deslizamientos importantes; la presa más grande formada de 255 m de altura en el río Min
1939	Japón (Hyogo)	Mount Rokko slides and mud flows	Lluvia Pesada	-	505 muertos / desaparecidos; 130000 viviendas destruidas o gravemente dañadas por movimientos masivos y / o inundaciones	Causado por un gran tifón; 50-90% del impacto de los tifones japoneses causado por movimientos masivos
1949	Tadzhik Rep. (formerly USSR)	Khait rock slide	Terremoto de Khait M = 7,5	-	12000 - 20000 muertos o desaparecidos; 33 pueblos destruidos	Comenzó como deslizamiento de rocas; transformado en gran avalancha de escombros de loess y granito
1953	Japón (Wakayama)	Arita River slides and debris/mud flows	Lluvia Pesada	-	460 muertos / desaparecidos; 4772 viviendas destruidas por movimientos masivos / inundaciones	Causado por un gran tifón; 50-90% del impacto de los tifones japoneses causado por movimientos masivos
1953	Japón (Kyoto)	Minamiy-amashiro slides & debris/mud flows	Lluvia Pesada	-	336 muertos / desaparecidos; 5.122 viviendas destruidas o gravemente dañadas por movimientos masivos / inundaciones	-
1958	Japón (Shizuoka)	Kanogawa slides and mud/debris flows	Lluvia Pesada	-	1094 muertos / desaparecidos; 19754 viviendas destruidas o gravemente dañadas por movimientos masivos / inundaciones	-
1962	Perú (Ancash)	Nevados Huascarán debris avalanche	-	13 x 10 ⁶	4000-5000 muertos; gran parte del pueblo de Ranrahirca destruido	Gran avalancha de escombros de Nevados Huascarán; velocidad media 170 km / hora
1963	Italia (Friuli-venezia-Griulia)	Vaiont Reservoir Rockslide	-	250 x 10 ⁶	2000 muertos; ciudad de Longarone muy dañada; daños totales: US \$ 200 millones (1963 \$)	El deslizamiento de rocas a alta velocidad en el embalse de Vaiont provocó que olas de 100 m superaran la presa de Vaiont
1964	United States (Alaska)	1964 Alaska landslides	Terremoto de Prince William Sound M = 9,4	-	Daños estimados en US\$ 280 millones (1964 \$)	Grandes daños por deslizamientos en las ciudades de Anchorage, Valdez, Whittier, Seward
1965	China (Yunnan)	Rock slide	-	450 x 10 ⁶	Cuatro aldeas; 444 muertos	Ocurrió a "alta velocidad"

1966	Brasil (Río de Janeiro)	Río de Janeiro slides, avalanches, debris/mud flows	Lluvia Pesada	-	1000 muertos por deslizamientos de tierra e inundaciones.	Numerosos deslizamientos en Río de Janeiro y alrededores
1967	Brasil (Serra das Araras)	Serra das Araras slides, avalanches, debris/mud flows	Lluvia Pesada	-	1700 muertos por deslizamientos e inundaciones.	Numerosos deslizamientos de en las montañas al suroeste de Río de Janeiro.
1970	Perú (Ancash)	Nevados Huascarán debris avalanche	Terremoto M = 7.7	30-50 x 106	18,000 dead; town of Yungay destroyed; Ranrahirca partially destroyed.	Avalancha de escombros del mismo pico que en 1962; alcanzó una velocidad media de 280 km / h.
1974	Perú (Huancavelica)	Mayunmarca rock slide-debris avalanche	Lluvia - Erosión del río	1.6 x 109	18000 muertos; ciudad de Yungay destruida; Ranrahirca parcialmente destruida.	Avalancha de escombros con una velocidad media de 140 km / h. represado río Mantaro
1980	United States (Washington)	Mount St. Helens rock slide-debris avalanche	Erupción del monte St. Helens	2.8 x 109	El deslizamiento histórico más grande del mundo; sólo 5-10 muertos, pero gran destrucción de viviendas, carreteras, etc.; gran flujo de escombros; bajas muertes debido a la evacuación. Destruyó los principales ferrocarriles y carreteras; la ciudad inundada de Spanish Fork de Thistle; sin muertes.	La evacuación salvó vidas; comenzó como un deslizamiento de rocas; se deterioró en una avalancha de escombros de 23 km de largo con una velocidad promedio de 125 km / h; superficie removilizada en un flujo de escombros de 95 km de largo
1983	United States (Utah)	Thistle debris slide	Deshielo y lluvia intensa	21 x 106	237 muertos; enterró cuatro aldeas; llenó dos depósitos.	Pérdidas totales: US \$ 600 millones (1983); 50% de pérdidas directas, 50% de pérdidas indirectas
1983	China (Gansu)	Saleshan landslide	-	35 x 106	Cuatro ciudades y pueblos destruidos; El caudal en el valle del río Lagumillas mató a más de 20000 en la ciudad de Armero.	Deslizamiento de tierra de loess
1985	Colombia (Tolima)	Nevado del Ruiz debris flows	Erupción del Nevado del Ruiz	-	Pueblo de Bairaman destruido por el flujo de escombros de la presa rota por deslizamiento; la evacuación evitó víctimas; gran efecto en el paisaje local.	El número de muertos es innecesariamente elevado porque las advertencias de peligro no se transmiten a los residentes
1986	Papua, New Guinea (East New Britain)	Bairaman Rock slide-debris avalanche	Terremoto de Bairaman M = 7.1	200 x 106	1000 muertos; muchos kilómetros de oleoducto y carretera transecuatorianos destruidos; pérdidas totales: mil millones de dólares (1987).	La avalancha de escombros formó una presa de 210 m de altura que incautó un lago de 50 millones de m ³ ; la presa falló, lo que provocó una inundación de escombros de 100 m de profundidad río abajo.
1987	Ecuador (Napó)	Reventador landslides	Terremoto de Reventador M = 6.1 and 6.9	75-110 x 106	Varias aldeas parcialmente destruidas por deslizamientos; 271 muertos; 1700 desaparecidos; 158 heridos; 12000 desplazados.	Deslizamiento de tierras principalmente en suelos saturados y residuales en pendientes pronunciadas; miles de deslizamientos delgados re-movilizados en flujos de escombros en los desagües tributarios y principales.
1994	Colombia (Cauca)	Páez landslides	Terremoto de Páez, M = 6.4	250 km ²	Aproximadamente 10000 personas murieron en las inundaciones y deslizamientos, que ocurrieron en toda la región. El volcán Casitas en Nicaragua experimentó grandes flujos de escombros. Imposible diferenciar las muertes por deslizamientos de las muertes por inundaciones.	Miles de deslizamientos delgados de suelo residual en pendientes empinadas se convirtieron en flujos de escombros dañinos en los drenajes tributarios y principales.
1998	Honduras, Guatemala, El Salvador	Huracán Mitch: flooding, - Landslides, -debris-flows	Huracán Mitch	-		Los vientos de 180 millas por hora afectaron principalmente a Honduras. Se produjeron lluvias torrenciales, a razón de 4 pulgadas por hora. Grandes deslizamientos en Tegucigalpa y otros lugares.

Nota. Tomado de la Web del Servicio Geológico de los Estados Unidos - USGS (2021)

Tabla 2
Movimientos en masa más catastróficos en el Perú

Año	Nombre del lugar de movimiento en masa	Proceso desencadenante	Tipo de movimiento en masa	Estimación de volumen o área	Efectos socioeconómicos y/o topográficos	Referencias
1941	Huaraz	falla de la presa de morrena aguas arriba	Debris Flow/Flujo de escombros	10*10 ⁶ m ³	Destruyó 1/4 de Huaraz, matando de 4000 a 6000 personas. El flujo de escombros represó el Río Santa; La falla de la presa provocó una inundación que destruyó los asentamientos y granjas río abajo.	Bodenlos & Ericksen et al. (1955); Ericksen et al. (1989)
1945	Cerro Cóndor Senca	Socavación erosional	Deslizamiento de Rocas	5.5*10 ⁶ m ³	Se formó la presa de 100 m de altura del Río Mantaro, que falló luego de 73 días, provocando inundaciones superiores a 280 m ³ / s; carreteras, 13 puentes y muchas tierras de cultivo destruidas.	Snow (1964)
1962	Nevados Huascarán	Falla del glaciar colgante	Debris avalanche	13*10 ⁶ m ³	Nueve pequeñas ciudades destruidas; 4000 - 5000 personas y miles de animales de granja muertos.	McDowell and Fletcher (1962); Morales (1966); Cluff (1971)
1970	Nevados Huascarán	Terremoto	Debris avalanche	50-100*10 ⁶ m ³	Yungay y Ranrahirca destruidos, 18000 personas murieron. Una falla bloqueo el Río Santa que provocó una gran inundación, luego una avalancha de escombros.	Cluff (1971); Plafker et al. (1971); Plafker and Erickson (1978); Keefer (1981)
1971	Chungar	-	Avalancha de rocas	100*10 ³ m ³	Ola de agua causada por una avalancha destruyó el campamento minero, matando a 400 - 600 personas.	Plafker & Eyzaguirre (1978)
1974	Muyunmarca	Reducción a largo plazo de Río Mantaro	Rock slide - debris avalanche	1.0-1.6*10 ⁹ m ³	Hasta 317 muertos. Avalancha de escombros represó Río Mantaro; La presa falló en 43 días, lo que provocó importantes daños aguas abajo.	Hutchinson and Kojan (1975); Lee and Duncan (1975); Hutchinson (1978)

Nota. Tomado de *Sociedad Geología de América (GSA) Catastrophic Landslide (2012). USA*

Moretti s. & Cigna F. (2012). Resaltan el mapa global de movimientos en masa de Nadim et al (2006), basado en un modelo heurístico de peligro de movimientos en masa (**ver figura 1**) que considera pendiente, litología, humedad del suelo, precipitación, temperatura y sismicidad.

Nadim et al. (2006). Realizaron modelos por movimientos en masa del globo terráqueo conjuntamente con datos de población mundial en 240 de 249 países resultando *Colombia, Tayiquistán, India y Nepal* con mayor a uno el número de muertos por cada 100km². Por tanto, a nivel global los movimientos en masa no se expresan con gran intensidad en muchos países, solo en aquellos que poseen una geografía multivariada, y en Latinoamérica estos eventos ocurren con mayor frecuencia en los andes y sus adyacentes a ellas, de los cuales el Perú es uno de ellos incluido sus provincias de *Carabaya y Sandia* que es donde se desarrolló la presente tesis.

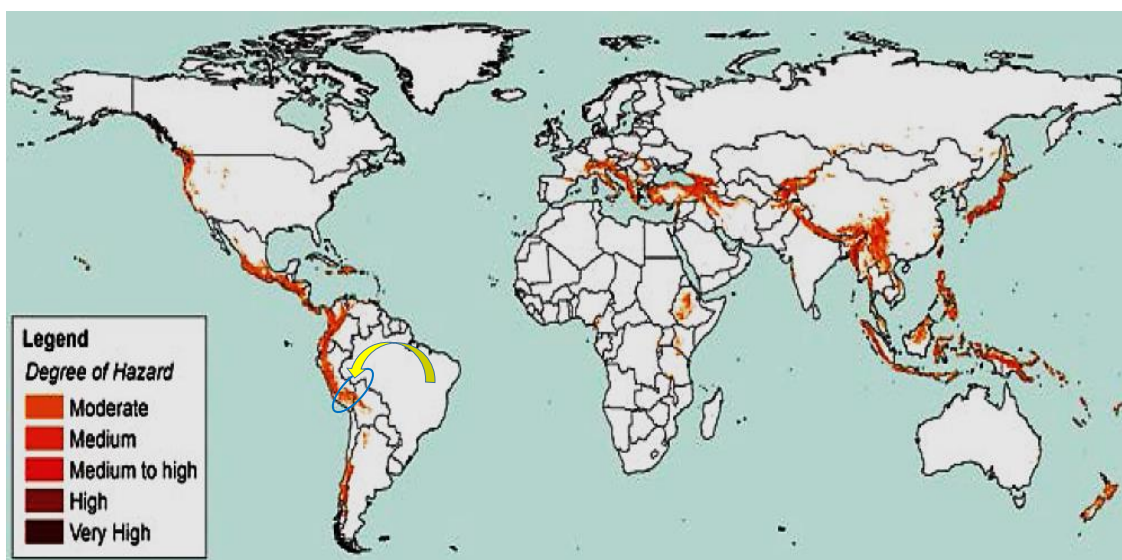


Figura 1. Distribución Global del Peligro por movimientos en masa.

Nota. Global Landslide Hazard Distribución - (GDLND), derivado del mapa de puntos críticos de deslizamientos de tierra a escala global (Nadim et al., 2006)

Nota. Tomado de Moretti s. & Cigna F. (2012.) pág. 61.



2.3.3. Movimientos en masa

Muchos autores tienen su forma de conceptualizar y definir los fenómenos naturales de movimientos en masa, estos procesos de geodinámica externa han adquirido distintas connotaciones, es así que estos procesos de movimientos de ladera cuesta abajo provienen en gran parte de la literatura inglesa y al ser traducidas al español trae confusión y el grado de confusión incrementa peor aún debido a la falta de consenso entre la comunidad científica existiendo distintas denominaciones para estos procesos geomorfológicos activos (Instituto Geográfico UNAM. 2000). Así mismo el instituto geográfico de la UNAM-México, identifica las múltiples denominaciones para el fenómeno de movimiento de laderas como:

- Procesos gravitacionales (gravitational processes)
- Movimiento de ladera
- Procesos de ladera (slope processes)
- Landslide (Sharpe, 1938); (del inglés, se traduce como deslizamiento de tierra, sin embargo, no se debe entender de esa manera, sino como procesos de movimientos de ladera)
- Procesos de remoción en masa (mass movement processes) Penck (1894)
- Movimiento en masa (Cruden, 1991)

Así mismo, Brunnsden opta por el término proceso de remoción en masa e indica que este cumple la función para definir procesos de movimientos ladera abajo que no necesita el transporte de un medio como el agua, el aire o el hielo (Brunnsden, 1979 citado en Instituto de Geografía - UNAM (2000)).



Terzaghi, el padre de la mecánica de suelos, centra su definición en un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior (Terzaghi, 1950)

Varnes indica que los Movimiento hacia debajo de los materiales formadores de las laderas puede incluir materiales naturales y artificiales (Varnes, 1958)

“Landslide” como un movimiento de ladera abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada (Skempton y Hutchinson, 1969).

Todos estos procesos de movimientos de laderas son reflexionados en la conmemoración la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, por parte del Grupo internacional de Trabajo para el inventario Mundial de movimientos del terreno de la UNESCO (Working Party on World Landslide Inventory - WPMILI, UNESCO).

Actualmente en muchos países de habla hispana como Colombia usan el termino de movimiento en masa que definen como un proceso por el cual un volumen de material constituido por roca, suelo, tierras, detritos o escombros, se desplaza ladera abajo por acción de la gravedad. Son conocidos popularmente como deslizamientos, derrumbes, procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa, fallas de taludes y laderas (Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático – IDIGER Colombia. 2021).



Finalmente, el termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Por tanto, la finalidad de este apartado es determinar el uso de “*Movimientos en Masa*” como uso oficial en la presente investigación así mismo presentar los tipos de movimientos en masa de una manera simple, conservando los conceptos establecidos en las clasificaciones más usadas en el mundo de habla hispana y aportando algunas definiciones. (Movimientos en Masa en la Región Andina. 2007)

2.3.3.1. Tipología de los movimientos en masa

La clasificación de los procesos de movimiento en masa más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo del movimiento, por lo que, de manera general, estos movimientos (**Ver figura 2 y 3**) se dividen en caídas o desprendimientos “*falls*”, vuelcos o desplomes “*topples*”, deslizamientos “*slides*”, expansiones laterales “*lateral spreading*”, flujos “*flows*” y movimientos complejos “*complex movements*” (Instituto Geográfico UNAM. 2000). Una simple y completa clasificación que considera estos aspectos es la ofrecida por el programa EPOCH (1993), el cual a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988).

Mecanismos de movimiento	Tipo de material involucrado		
	Tipo	Roca (rock)	Derrubios (debris)
Desprendimientos (<i>fall</i>)	Caida o desprendimiento de rocas (<i>rockfall</i>)	Caida o desprendimiento de derrubios (<i>debris fall</i>)	Caida o desprendimiento de suelos (<i>soil fall</i>)
Vuelco o desplome (<i>topple</i>)	Vuelco o desplome de rocas (<i>rock topple</i>)	Vuelco o desplome de derrubios (<i>debris topple</i>)	Vuelco o desplome de suelos (<i>soil topple</i>)
Deslizamiento rotacional simple (<i>rotational slide</i>)	Individual (<i>simple</i>) Múltiple (<i>multiple</i>) Sucesivo (<i>successive</i>)	Individual (<i>simple</i>) Múltiple (<i>multiple</i>) Sucesivo (<i>successive</i>)	Individual (<i>simple</i>) Múltiple (<i>multiple</i>) Sucesivo (<i>successive</i>)
Deslizamiento translacional o de bloques-no rotacional (<i>translational slide, non-rotational</i>)	Deslizamiento de roca en bloque (<i>block slide</i>)	Deslizamiento de derrubios en bloque (<i>block slide</i>)	Deslizamiento translacional de suelos (<i>slab slide</i>)
Deslizamiento planar	Deslizamiento de rocas (<i>rock slide</i>)	Deslizamiento de derrubios (<i>debris slide</i>)	Coladas de barro (<i>mudslide</i>)
Flujos (<i>flow</i>)	Flujo de rocas (<i>rock flow</i>)	Corrientes de derrubios (<i>debris flow</i>)	Flujos de tierra, arena o suelo (<i>soil flow</i>)
Expansión lateral (<i>lateral spreading</i>)	Expansiones laterales en rocas (<i>rock spreading</i>)	Expansiones laterales en derrubios (<i>debris spread</i>)	Expansiones laterales en suelos (<i>soil spreading</i>)
Complejo (<i>complex</i>)	Ejemplo: Alud de rocas (<i>rock avalanche</i>)	Ejemplo: Flujo deslizante (<i>flow slide</i>)	Ejemplo: Rotación con flujo de tierras (<i>slump-earthflow</i>)

Fuente: EPOCH (1993) a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988).

Figura 2. Clasificación de los procesos de remoción en masa
Nota. Tomado del Instituto Geográfico UNAM (2000). Boletín 41 Landslides.

Material	Rocas	Derrubios	Suelos	
Tipo de Movimiento				
Caida				
Vuelco				
Deslizamiento	Rotacional			
	Planar			
Propagación				
Flujo				
Complejo				

Figura 3. Clasificación de movimientos en masa en 6 tipos principales
Nota. Tomado de Varnes (1978)

2.3.3.2. Factores condicionantes

Llamados también factores “pasivos”, son características propias de un ambiente geográfico son intrínsecos a los materiales naturales, tales como cualidades geométricos o morfológicos, geológicos, hidrogeológicos, estructurales, etc. En los suelos, la litología y las condiciones hidrogeológicas determinan las propiedades resistentes y el comportamiento del terreno. En el caso de macizos rocosos competentes, los principales factores condicionantes son la estructura geológica (orientación y frecuencia de las superficies de discontinuidad), el grado de fracturación y la meteorización. Estos factores se suelen expresar mediante el uso de mapas (GEOQUANTICS. 2017).

2.3.3.3. Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes llamados también factores activos, externos, detonantes, gatillantes: son agentes que actúan sobre el terreno, bien suelos, bien macizos rocosos, modificando sus características y propiedades, así como las condiciones de equilibrio. Como consecuencia, provocan o desencadenan las inestabilidades en cuanto se conjugan una serie de condiciones. Son responsables, por lo general, de la magnitud y velocidad de los movimientos (GEOQUANTICS. 2017).

Según (Tarbuk & Lutgens. 2005) indica que el efecto del agua en los procesos gravitacionales puede ser enorme. En la **figura 4. A.** en condiciones de poca agua o no la hay, la fricción entre las empaquetadas partículas de suelo en la pendiente las mantiene en su lugar. En la **figura 4. B.** asume que cuando el suelo está saturado, los granos son separados a la fuerza y la fricción se reduce, permitiendo que el suelo se mueva pendiente abajo.

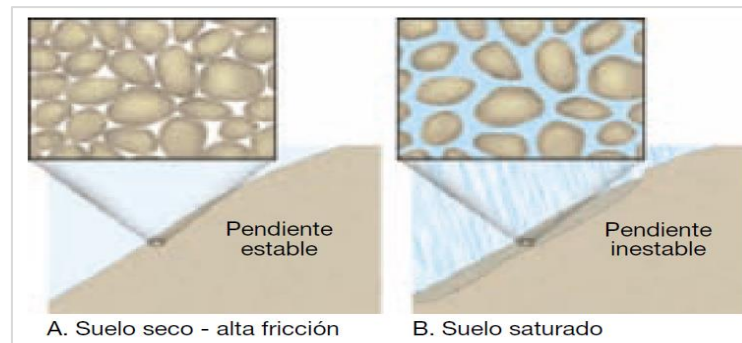


Figura 4. Estados de estabilidad de una ladera en condiciones secas y húmedas

Fuente: Tarbuk & Lutgens. (2005)

Tabla 3

Procesos que más probablemente desencadenaron catastróficos movimientos en masa en América del Sur.

Procesos desencadenantes	Número de ocurrencias
Intensas o prolongadas lluvias	10
Terremoto – temblor	5
Corte del valle debido a largo periodo de erosión	3
Fallas de presas naturales	2
Actividad volcánica	1
Avalancha de hielos	1
Fuga de agua de estanques artificiales	1

Nota. Tomado de The Geological Society of America. “Catastrophic Landslide” (2002)

Excepcionalmente y muy poco frecuentes existen deslizamientos sin desencadenantes, y como ejemplo la tarde del 9 de mayo de 1999, 10 excursionistas murieron y muchos otros heridos en el parque estatal Sacred Falls – Hawaii con un desprendimiento de roca en el valle, especialistas de la USGS concluyeron que NO hubo desencadenante de condición externa apreciable (Tarbuk & Lutgens. 2005. pág. 430. Ciencias de la Tierra).

2.3.4. Peligro

Desde una perspectiva generalizada el término “peligro” etimológicamente viene del latín “Periculum”, es un suceso para crear daño en un nivel de amenaza a la vida, salud, propiedad o el medio ambiente.



Según la Real Academia de la lengua Española RAE, define al peligro como lugar, paso, obstáculo o situación en que aumenta la inminencia del daño.

Por otro lado, en su amplio espectro del entendimiento del peligro, las OHSAS 18001(Sistemas de gestión de la seguridad – norma internacional) ha definido al peligro como aquella fuente, situación o acto con potencial para causar daño en términos de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de éstos

Para el presente estudio de investigación usaremos la comprensión del peligro desde una óptica de la gestión del riesgo de desastre definida como la probabilidad de que un fenómeno físico potencialmente dañino, de origen natural o producido por la acción humana, que se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y un periodo de retorno (SINAGERD, 2011).

Por tanto, los peligros se pueden clasificar según origen de fenómenos naturales y antrópicos, de manera que el peligro abarcado en la presente tesis es de naturaleza de geodinámica externa (**ver figura 05**).

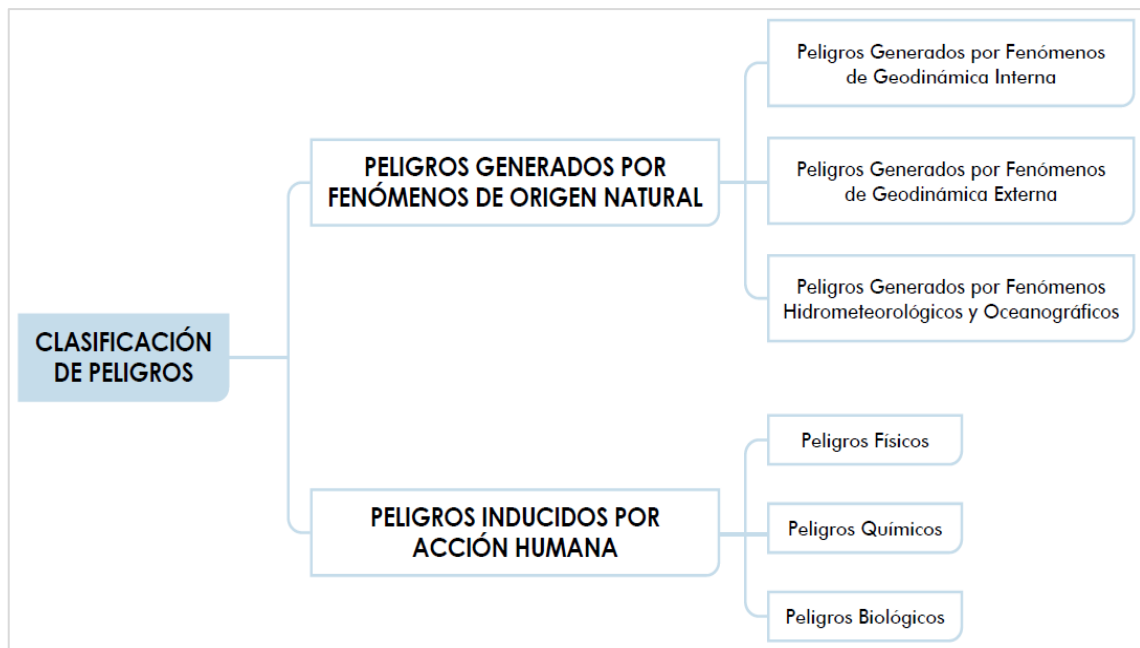


Figura 5. Clasificación de los peligros

Nota. Tomado de Manual Evar v2.0 (2015) - CENEPRED.

2.3.5. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad según, Cardona O. (2002) puede tener múltiples dimensiones, el cual está en función o depende del aspecto que se tenga en cuenta para su análisis.

Según Cardona A., O. D., (2002). La vulnerabilidad está compuesta por múltiples dimensiones:

- *Vulnerabilidad de Dimensión física:* Expresa características de ubicación en áreas propensas y baja resistencia de los elementos expuestos
- *Vulnerabilidad de Dimensión económica:* La pobreza aumenta los niveles de vulnerabilidad
- *Vulnerabilidad de Dimensión social:* Las sociedades más integradas y organizadas permitirá absolver y reaccionar a las consecuencias de un desastre.



- *Vulnerabilidad de Dimensión educativa:* el conocimiento de las causas, efectos, razones, historia y la falta de preparación del colectivo social definirá su grado de vulnerabilidad.
- *Vulnerabilidad de Dimensión política:* Su vulnerabilidad dependerá según su autonomía de toma de decisiones bajo esquemas de centralismos y burocracias.
- *Vulnerabilidad de Dimensión institucional:* Su vulnerabilidad depende del grado de dificultad para hacer gestión del riesgo.
- *Vulnerabilidad de Dimensión cultural:* La capacidad de autopercepción del individuo en sociedad para poder tener conciencia del medio ambiente y los desastres.
- *Vulnerabilidad de Dimensión ambiental:* El deterioro medio ambiental de su entorno condiciona su vulnerabilidad.
- *Vulnerabilidad de Dimensión ideológica:* se basa en actitudes pasivas fatalistas de creencias religiosas que podrían impedir una reacción óptima en circunstancias de desastres, generando una vulnerabilidad.

De todas estas dimensiones de vulnerabilidad que analiza Cardona O. (2002), en el Perú el Centro Nacional Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre considera 03 dimensiones (*Dimensión Social, económica y ambiental*) como parte de su evaluación del riesgo.

Según el manual Evar2.0 – CENEPRED (2015), asegura que muchas veces no es posible actuar sobre los peligros, y para reducir el riesgo no hay otra alternativa que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos,



por lo tanto, es muy importante trabajar los factores de vulnerabilidad como medida de prevención efectiva.

2.3.5.1. Exposición

En la gestión del riesgo, la exposición refiere a la ubicación del ser humano y sus medios de vida en zonas de posibles impactos de un peligro, al cual podemos llamarla una relación inapropiada del hombre con la naturaleza, donde el hombre invade zonas de procesos naturales con sus viviendas y actividades económicas (CENEPRED, 2015).

2.3.5.2. Fragilidad

La fragilidad se refiere a condiciones de desventaja y debilidad del ser humano y sus medios de vida frente a los peligros donde las condiciones físicas de una comunidad poseen un problema interno en su estructura de desarrollo como sociedad estos problemas internos develan infraestructuras deficientes, niveles elevados de pobreza, educación deficiente, sistemas de salud inadecuados y entre otros que condicionan el grado de fragilidad de una sociedad (CENEPRED, 2015).

2.3.5.3. Resiliencia

Una sociedad se caracteriza también por el grado de resistencia, asimilación y capacidad de recuperación de sus individuos y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro, y para tal efecto una sociedad debe estar preparada y organizada. Por tanto “a mayor resiliencia, menor vulnerabilidad” (CENEPRED, 2015)

2.3.6. Riesgo

El riesgo como un concepto amplio y multivariado según cada disciplina, en principio se debería de entender desde la teoría del riesgo y las leyes que la gobiernan, para lo cual nos hemos planteado las definiciones más universales hasta las más explícitas para esta investigación, por tanto:

Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE) lo concibe como “*contingencia o proximidad de un daño*”. Y desde una óptica etimológica proviene del árabe “*rizq*” (lo que depara la providencia) mediante el italiano “*rischio*” (Corominas J. 1973), y estas ambas provendrían del latín “*resecare*” de cortar o dividir (Friedreich Diez. 1864).

A lo largo del desarrollo y entendimiento del *riesgo* a través del tiempo y las múltiples matices de diferencias en la forma de comprender el riesgo de muchos autores e investigadores y el grandioso aporte conceptual de White (1945/64/73), Kates (1962/71/78), y Burton (1962/68/78); se realizó la reunión de expertos promovida por la UNDRO y la UNESCO en julio de 1979 con el propósito de uniformizar las definiciones, mediante esta reunión denominada *Natural Disasters and vulnerability Analysis (UNDRO 1980)*, concluye:

- *Riesgo específico*: como el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de una amenaza particular como función del peligro y la vulnerabilidad.
- *Riesgo total*: referido a la cantidad de pérdidas humanas, heridos, daños sobre medios económicos a efectos de un desastre, o debido al riesgo específico y los elementos en riesgo



En definitiva, la palabra riesgo es tan antigua y remota como la propia civilización humana. Actualmente teniendo muchas acepciones de distintas disciplinas usan el termino riesgo enfocado a cada una de ellas tanto en salud, economía y otros; sin embargo, para la presente investigación definimos y entendemos al riesgo como la probabilidad de que el medio social, económico y ambiental y todos los medios de vida sufran daños y pérdidas a efectos de su vulnerabilidad por el impacto de un peligro o amenaza (SINAGERD 2011).

Modelos de estimadores del riesgo de desastre.

Cardona (1993) citado en Rojas & Martínez (2011), mencionan que la UNDRRO en conjunto con la UNESCO en 1979 plantea la siguiente ecuación del riesgo mediante la fórmula (Ec. 1):

$$Rt = (E)(Rs) = (E)(H * V) \dots\dots\dots (Ec. 1)$$

Dónde:

- Rt : Riesgo Total
- E : Elementos bajo riesgo
- Rs : Riesgo específico
- H : Hazard o Peligro
- V : Vulnerabilidad

Por otra parte, el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología (IZIIS) 1985, en Yugoslavia, postula la eliminación de la variable exposición dado que asumen que esta se encuentra implícita en la vulnerabilidad (Rojas & Martínez, 2011), quedando el estimador expresado de la siguiente manera (Ec. 2).

$$Rie = f(Ai * Ve) \dots\dots\dots (Ec. 2)$$

Dónde:



A_i : Amenaza con cierta intensidad

V_e : Vulnerabilidad expuesta

R_{ie} : Riesgo sobre el elemento “e”, con intensidad “i”

Para la OEA (1993), los riesgos reposan sobre el análisis de la amenaza y la vulnerabilidad, simplificándose en la siguiente ecuación (Ec.3)

$$R = A * V \dots\dots\dots (Ec. 3)$$

Dónde:

A : Amenaza o Peligro

V : Vulnerabilidad

R : Riesgo

Para los científicos de la Unión Europea, el manejo del riesgo se basa en tres componentes: Amenaza (A), Vulnerabilidad (V), y Exposición (E) mediante la (Ec. 4).

$$R = A * V * E \dots\dots\dots (Ec. 4)$$

Dónde:

A : Amenaza

E : Exposición

V : Vulnerabilidad

R : Riesgo

Según los investigadores (Wilches-Chaux 1993, p.22) proponen un estimador de riesgo (Ec.5) adicionándole la variable Capacidad de Preparación (CP).

$$R = \frac{A*V}{CP} \dots\dots\dots (Ec. 5)$$

Dónde:

A : Amenaza

V : Vulnerabilidad

CP : Capacidad de Preparación (conjunto de medidas)



R : Riesgo

Rojas O. & Martínez C. (2011), citan a otros investigadores como Villagrán (s.f.), haciendo referencia que el riesgo representa deficiencias proponiendo el siguiente modelo (Ec. 6).

$$R = A * V * DP \dots\dots\dots (Ec. 6)$$

Dónde:

A : Amenaza

V : Vulnerabilidad

DP : Deficiencias de Preparación

R : Riesgo

Para, Rojas V. O. & Martines R. C. (2011) proponen una ecuación del riesgo no tan distinta a las anteriores ecuaciones, sin embargo, hacen énfasis adicionando la variable de Recurrencia Histórica (RH), como se muestra en la siguiente (Ec.7)

$$R = (A(RH)) * V \dots\dots\dots (Ec. 7)$$

Dónde:

A : Amenaza

V : Vulnerabilidad

DP : Recurrencia Histórica

R : Riesgo

Finalmente, Fournier d'Alve (1985), Mulinovic & Petrovsky (1985) y más adelante Coburn & Spence (1992), todos los anteriores citados en Cardona (2002), asumen dentro del factor vulnerable el componente exposición “e” resumiendo que “no se es vulnerable si no se está expuesto”. Por tanto, se propone y divulga la formulación del riesgo de desastre de más amplia aceptación en la comunidad científica (ver Ec. 8).

$$R_{ie}|_t = f(A_i, V_e)|_t \dots\dots\dots (Ec. 8)$$

Dónde:

A_i : Amenaza o Peligro

V_e : Vulnerabilidad del elemento expuesto

R : Riesgo de probabilidad de pérdida sobre el elemento “e” en un suceso de intensidad “i”

t : Periodo de exposición

i : intensidad

Se ha mostrado un total de ocho (08) ecuaciones como modelos estimadores del riesgo de desastre por fenómenos naturales que se han ido desarrollando en los últimos 40 años, sin embargo, en el sistema nacional para la gestión del riesgo de desastre del Perú, se ha considerado la ecuación ocho (08), misma que está incluida en el sistema normativo nacional del estado Peruano, y **para la presente tesis de investigación se hace el uso de esta última ecuación (Ec. 8)** para estimar el riesgo de desastre. En ese sentido en la **figura 6** se tiene un esquema gráfico de la adecuación del riesgo de desastre en forma global del cual se ha extraído un escenario de riesgo de desastre por geodinámica externa que comprende los movimientos en masa en un escenario de riesgo por lluvias de temporalidad de diciembre a febrero.

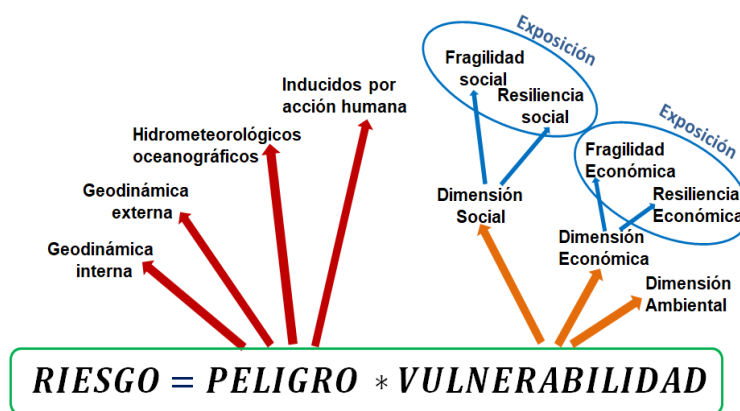


Figura 6. Composición gráfica de la ecuación del riesgo de desastre

Es importante mencionar que el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre (SINAGERD) a nivel nacional está conformada por la presidencia del concejo de ministro (PCM), seguido por el Consejo nacional de gestión del riesgo de desastre CONAGERD, CENEPRED, INDECI, Gobiernos con sus ministerios - CEPLAN, gobiernos regionales, gobiernos locales, y entidades privadas (**Ver figura 7**)



Figura 7. Estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre
Nota. Tomado de CENEPRED

Finalmente es importante mencionar que el ex secretario general de las Naciones Unidas, Kofi Annan, mencionó que el término “desastre natural” muy comúnmente usado, se ha convertido en una denominación inapropiada, dado que el comportamiento humano genera los desastres, en el que realmente debería llamarse desastres no naturales. (Tarbuk & Lutgens. 2005. pág. 437).

2.3.7. Análisis de procesos jerárquico - AHP

Diariamente nos enfrentamos a la toma de decisiones simples y en otros casos de niveles estratégicos y tácticos; cuando nos enfrentamos a



múltiples alternativas que se contraponen entre ellos haciendo más complejo este proceso de decisión, surgiendo así la necesidad de una herramienta o método que permita comparar múltiples criterios mediante procesos jerárquicos (Osorio, G. & Orejuela, C. 2008). Por tanto, Thomas L. Saaty (1980) ha desarrollado el método de Análisis de Procesos Jerárquico (*Analityc Hierarchie Procesess - AHP*) como herramienta que permite resolver problemas complejos de toma de decisiones de criterios múltiples mediante la priorización de las alternativas sin excluirlas dentro del proceso de análisis.

Para Hurtado, T. & Bruno, G. (2005). Con base a las investigaciones de Thomas Saaty (1980) realizan un análisis sobre el razonamiento multicriterio de jerarquías AHP, fundamentado en:

Fundamentos del AHP

- La estructuración del modelo jerárquico.
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico
- Comparación binaria entre los elementos
- Evaluación de los elementos mediante asignación de “pesos”
- Ranking de alternativas acorde a los pesos dados
- Síntesis
- Análisis de sensibilidad
- Fundamento matemático matricial
- Desglosar el problema en partes
- Mide criterios cuantitativos y cualitativos en una escala común
- Permite ver las consistencias y hacer correlaciones
- Permite síntesis y análisis de sensibilidad



Así mismo el análisis jerárquico soporta criterios cuantitativos y cualitativos el cual se basa en un razonamiento matricial de tipo matriz cuadrada:

La notación matricial sería: $A = A_{ij}$

Siendo la matriz cuadrada A de orden dos (02)

$$\text{Si: } m=n \rightarrow A = \begin{vmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{b} \\ \mathbf{a} & \mathbf{1} \end{vmatrix}_{m*n} \dots\dots\dots (M.1)$$

Siendo la matriz cuadrada B de orden tres (03)

$$\text{Si: } x=y \rightarrow B = \begin{vmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{d} & \mathbf{e} \\ \mathbf{a} & \mathbf{1} & \mathbf{f} \\ \mathbf{b} & \mathbf{c} & \mathbf{1} \end{vmatrix}_{x*y} \dots\dots\dots (M.2)$$

Consecuentemente las matrices que se pueden construir para un análisis AHP siempre son cuadradas y puede ser de orden 2, de orden 3, de orden 4, etc.

En ese sentido para la ejecución del análisis de proceso jerárquico de Saaty (1980), comprende de dos etapas, primero para el cálculo de pesos ponderados y segundo para el cálculo de relación de consistencias (RC).

Cálculo de pesos ponderados

Primero: Se construye la matriz cuadrada de comparaciones pareadas entre sus descriptores donde se determina el grado de importancia de un criterio respecto al otro (**Ver matriz M.3**). (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (M.3)$$

Se suma verticalmente los elementos de cada columna para obtener la suma de valores.

$$V1, V2, \dots Vn = \sum_{i=1}^n a_i$$

Seguidamente los valores que se deben asignar como cada elemento de la matriz está dada por la siguiente tabla de valores del 1 al 9, y del 1/3 al 1/9 establecida en la escala de valores de Saaty (1980), (ver tabla 04).

Tabla 4
Escala de valores de Saaty 1980

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores	

Nota. Tomado de Thomas Saaty (1980)

Segundo: Se construye la matriz de normalización mediante la multiplicación de la sumatoria inversa de cada elemento de su columna (**Ver matriz M.4**). (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \leftarrow \begin{matrix} P1 & P3 & P2 \\ P1 & \begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 \end{pmatrix} \\ P3 & \begin{pmatrix} 1/5 & 1 & 1/3 \end{pmatrix} \\ P2 & \begin{pmatrix} 1/3 & 3 & 1 \end{pmatrix} \\ \text{Sumatoria} & 1.53 & 9.00 & 4.33 \\ 1/\text{Sumatoria} & 0.65 & 0.11 & 0.23 \end{matrix} \dots (M.4)$$

Tercero: se debe obtener el vector prioridad para generar los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada; para ello se calcula el promedio de cada fila de la matriz normalizada (**Ver matriz M.5**) (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \xrightarrow{p =} \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} \xrightarrow{p =} \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} \dots (M.5)$$

Finalmente se debe corroborar la sumatoria de los elementos del vector prioridad que debe ser igual a la unidad

$$\sum_{i=1}^n P_{c1i} = P_{c11} + P_{c12} \dots \dots + P_{c1n} = 1$$

Cálculo de Relación de Consistencias (RC)

Para corroborar que los criterios de la tabla Saaty han sido aplicados correctamente en las matrices pareadas se calcula la relación de consistencia (RC)

Primero: Para esto se debe multiplicar la matriz de comparación de pares con el vector de priorización de esa manera se obtendrá el Vector Suma Ponderada (VSP). (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0) (**Ver matriz M.6**).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(M.6)$$

Segundo: Posteriormente se toma el resultado de Vector Suma Ponderado y se divide con el vector priorizado con el que se obtendrá valores de vector lambda. $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$. (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$\begin{aligned} VSP_{11} / p_{c11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12} / p_{c12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ VSP_{1n} / p_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: Seguidamente se calcula la lambda máxima (λ_{max}) que nos permitirá calcular más adelante el índice de consistencia. (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_{12} + \dots + \lambda_n) / n$$

Cuarto: Cálculo del índice de consistencia (IC), esto nos permitirá calcular la Relación de Consistencia (RC). (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$



Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC), para lo cual requerimos del Índice Aleatorio (IA) de matrices comparaciones generadas de forma aleatoria. (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

$$RC = IC / IA$$

Los valores aleatorios o Índices Aleatorios (IA) se han obtenido por simulaciones de 100000 matrices (Aguaron y Moreno-Jiménez, 2001) (**Ver tabla 5**).

Tabla 5
Estandarizada para Incides Aleatorios (IA)

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Nota: Los valores de “n” representan matrices de orden 3, 4, 5, ...16. Se debe tener en cuenta que para matrices de orden 3 la RC debe ser menor al 0.04 (4%), para matrices de orden 4 la RC debe ser menor a 0.08 (8%), y para matrices de orden 5 la RC debe ser menor a 0.10 (10%). (CENEPRED. 2015. Manual Evar v2.0)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1. Materiales

Se han utilizado los siguientes materiales, información bibliográfica y equipos:

Tabla 6

Materiales empleados en campo y gabinete

Ítem	Materiales	Cantidad	Función
01	Mosaico de Imágenes Satelitales LandSat 8 (escenas), resolución de 30 metros	4	Brinda visualización en pseudocolor del terreno para el mapeo.
02	Mosaico de Imágenes Satelitales Sentinel, resolución de 20 metros	4	Brinda visualización en pseudocolor del terreno para el mapeo.
03	Mosaico de Imágenes Satelitales RapidEye, resolución de 5 metros, de cinco bandas	41	Brinda visualización en pseudocolor del terreno para el mapeo.
04	Imágenes Satelitales Google Earth, SAS Planet.	1	Brinda visualización en alta resolución del terreno para el mapeo.
05	Flexómetro	2	Uso en las mediciones de estratos litológicos de baja potencia
06	Libreta de notas de campo	2	Uso para las anotaciones de datos de campo
07	Lupa de Geólogo	2	Uso para el mejor reconocimiento de las rocas en campo
08	Lápiz de dureza	2	Uso en el rayado de rocas y minerales para la determinación de la dureza.
19	Wincha métrica de 50mt	1	Uso en las mediciones de estratos litológicos.
10	Binoculares - Larga vista	2	Para una mejor visualización de afloramientos lejano de difícil acceso.
11	Martillo de Geólogo (Picxa)	2	Uso para fracturamiento de rocas y su extracción de muestras.
12	Ácido clorhídrico	2	Uso para la determinación de rocas y minerales carbonatados.
13	Mapa base topográfico a escala 1/50 000	2	Uso como base para el mapeo geológico de campo.
14	Mapa base - carta geológica nacional – INGEMMET	2	Uso como base de reconocimiento geológico de campo.
15	Software especializado en sistemas de información geográfica (G.I.S.)	3	Uso para el geoprocesamiento de datos de campo.

3.1.2. Equipos



Los equipos mínimos indispensables utilizados para la presente investigación son utilizados tanto en campo como en gabinete (**Ver tabla 7**).

Tabla 7
Equipos empleados en campo y gabinete

Ítem	Equipos	Cantidad	Función
01	Brújula tipo Brunton	2	Uso en las mediciones de rumbos y buzamientos y otros datos de estructuras geológicas
02	GPS Navegador – Garmin 64s	2	Para la toma de coordenadas UTM,
03	Camioneta PickUp (4x4) - Movilidad	1	Uso en la movilización del personal a los puntos estratégicos
04	Cámara fotográfica	2	Para la toma de fotografías de evidencias
05	Ordenador Laptop	2	Para el procesamiento de la información
06	Impresora - plotter	1	Uso para el ploteo de los mapas
07	Equipo de Protección personal (EPP)	6	Proteger la integridad física del personal.

3.1.3. Recurso humano

El estudio en evaluación del riesgo de desastre por ser complejos, transversales y/o multidisciplinarios se conformó un equipo de trabajo como personal de apoyo para llevar a cabo la presente investigación (**Ver tabla 8**).

Tabla 8

Brigada de estudio

Ítem	Equipo Técnico	Cantidad	Función
1	Un (01) personal evaluador del riesgo de desastre (el autor)	01	Elaboración y supervisión de los trabajos de mapeos físicos, análisis de consolidación de estudios temáticos, identificar el peligro, analizar de la vulnerabilidad y estimar los escenarios de riesgos
2	Un (01) personal de apoyo en el área de geología.	01	Reconocimiento de la geología y mapeo geológico del área de estudio.
3	Un (01) personal de apoyo en el área de climatología.	01	Apoyo en el procesamiento de data de las estaciones meteorológicas del área de estudio.
4	Un (01) personal de apoyo en el área de cobertura vegetal.	01	Apoyo y reconocimiento de la cobertura vegetal y mapeo de la cobertura del área de estudio.
5	Un (01) personal de apoyo en el área de socioeconómico.	01	Apoyo en procesamiento de datos socioeconómicos del área de estudio.
6	Un (01) personal de apoyo en el área de sistema de información geográfica (SIG).	01	Procesamiento de imágenes satelitales para todos los estudios temáticos.
total		06	

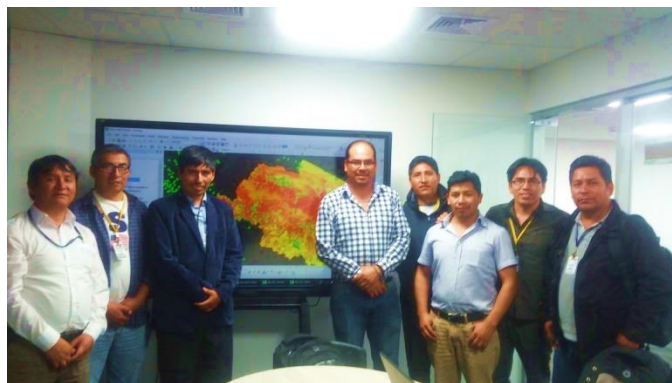


Figura 8. *Equipo de trabajo*

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Metodología de identificación

La presente tesis de investigación se desarrolló mediante metodología **cuantitativa** bajo el análisis heurístico (creatividad, multicriterio, prueba y error), cabe indicar que esta metodología usa el Ministerio del Ambiente al



realizar estudios de Zonificación (ZEE) donde contempla estudios de riesgo de desastres según el Decreto Supremo DS-087-2004-PCM.

3.2.2. Diseño metodológico

Según la naturaleza del trabajo de investigación y por las características el presente estudio es de tipo **No experimental** (observación en su ambiente natural) y **Transversal** (se recolectan datos en un solo momento) tal como lo sustenta (Hernández S. 2010, p.152 y p.154); así mismo esta tesis tiene un **alcance descriptivo correlacional** basado en la interacción de las variables.

3.2.3. Variables

La variable se define como una característica, cualidad, cantidad, o magnitud, que es susceptible a los cambios según (Fidias A, 2012, p. 57). La presente tesis se caracteriza por presentar **variable compleja** el cual es operacionalizada (**Ver tabla 9**), las variables dependientes son las que se miden, y las independientes las manipula el investigador según sus posibilidades, para entender o medir la variable dependiente.

Tabla 9
Operacionalización de las variables

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN			
VARIABLES		VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Dimensiones	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
Indicadores	Caracterización geológica	Análisis de fragilidad, resiliencia y exposición social	Estimación de escenario del riesgo social
	Caracterización geomorfológica	Análisis de fragilidad, resiliencia y exposición de la red vial	Estimación de escenario del riesgo de la red vial
	Caracterización de pendientes	Análisis de fragilidad, resiliencia y exposición del uso actual de tierras	Estimación de escenario del riesgo del uso actual de tierras
	Caracterización de cobertura vegetal	-	-
	Caracterización de precipitación pluvial	-	-

3.2.4. Población

La población o universo muestral está constituida por el entorno físico de todo el ámbito geográfico político administrativo de la provincia de Carabaya con un área de 1,239,365.35 ha.

3.2.5. Muestra

Los elementos muestrales están constituidos por la caracterización geológica, geomorfología, pendientes, uso actual de tierras, cobertura vegetal, precipitaciones pluviales, medio socioeconómico de los centros poblados, y la red vial.

3.2.6. Criterio metodológico de trabajo

El presente estudio de evaluación del escenario del riesgo de desastre se desarrollará a una escala **de 1:50 000**, donde se identifican los peligros, se analizan las vulnerabilidades y finalmente se evalúan los riesgos haciendo confluir las variables mediante la aplicación de la función $R=P*V$, (Riesgo =



Peligro * Vulnerabilidad). Considerando que el “factor detonante condiciona el escenario del riesgo de desastre”, así mismo el criterio de trabajo se ha realizado en tres (03) etapas o fases de evaluación que están enfocados en: Trabajo de recopilación de información pre-existentes, trabajo de campo y trabajo de gabinete post-campo (**ver figura 9**).

3.2.6.1. Trabajo de recopilación de información pre existentes

- Recopilación y revisión de información bibliográfica del área de investigación
- Recopilación de mapas pre-existentes
- Recopilación e interpretación de imágenes satelitales LandSat8 del año 2016 donde se usarán las bandas multi-espectrales RGB 7, 5, 4, y 6,5,2. Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).
- Identificación de unidades litológicas, geomorfológicas.
- Identificación de zonas de alta susceptibilidad al movimiento en masa.

3.2.6.2. Trabajo de campo

- Referenciamiento mediante GPS de los contactos litológicos, las geoformas y procesos geodinámicos y elementos expuestos al riesgo de movimiento en masa.
- Una descripción de las características observadas y la elaboración de una tabla descriptiva de los puntos de observación
- Registro fotográfico de los puntos de observación y particularidades de la geología, geomorfología, pendientes y otros aspectos de riesgos, en diversos puntos del ámbito de la provincia de Carabaya.



- Recojo de información socioeconómica, tarea que considera a las personas de mayor edad y presencia en la zona, debido a su mejor conocimiento de las condiciones de la zona de estudio
- Confirmación de unidades litológicas, estructurales y geomorfológicas.
- Corrección de contactos litológicos y geomorfológicos según los datos de campo.
- Identificación de poblaciones, vías de comunicación (carreteras), puentes, presas, ductos, y todo elemento expuesto al movimiento en masa.

3.2.6.3. Trabajo de gabinete post-campo

- Corrección de polígonos de contactos litológicos, estructurales y geomorfológicos.
- Construcción de base de datos de puntos de muestreo.
- Elaboración de mapas geológico, geomorfológico, cobertura vegetal, pendientes, precipitaciones pluviales, como insumos para el modelamiento de la cartografía del peligro.
- Elaboración del modelo cartográfico probabilístico de peligros por movimiento en masa.
- Análisis y procesamiento de los factores vulnerables como centros poblados, uso actual de tierras y vías de comunicación.
- Modelado cartográfico de la vulnerabilidad de los centros poblados, uso actual de tierras y red vial.
- Elaboración del escenario probabilístico cartográfico del riesgo de desastre por movimiento en masa.

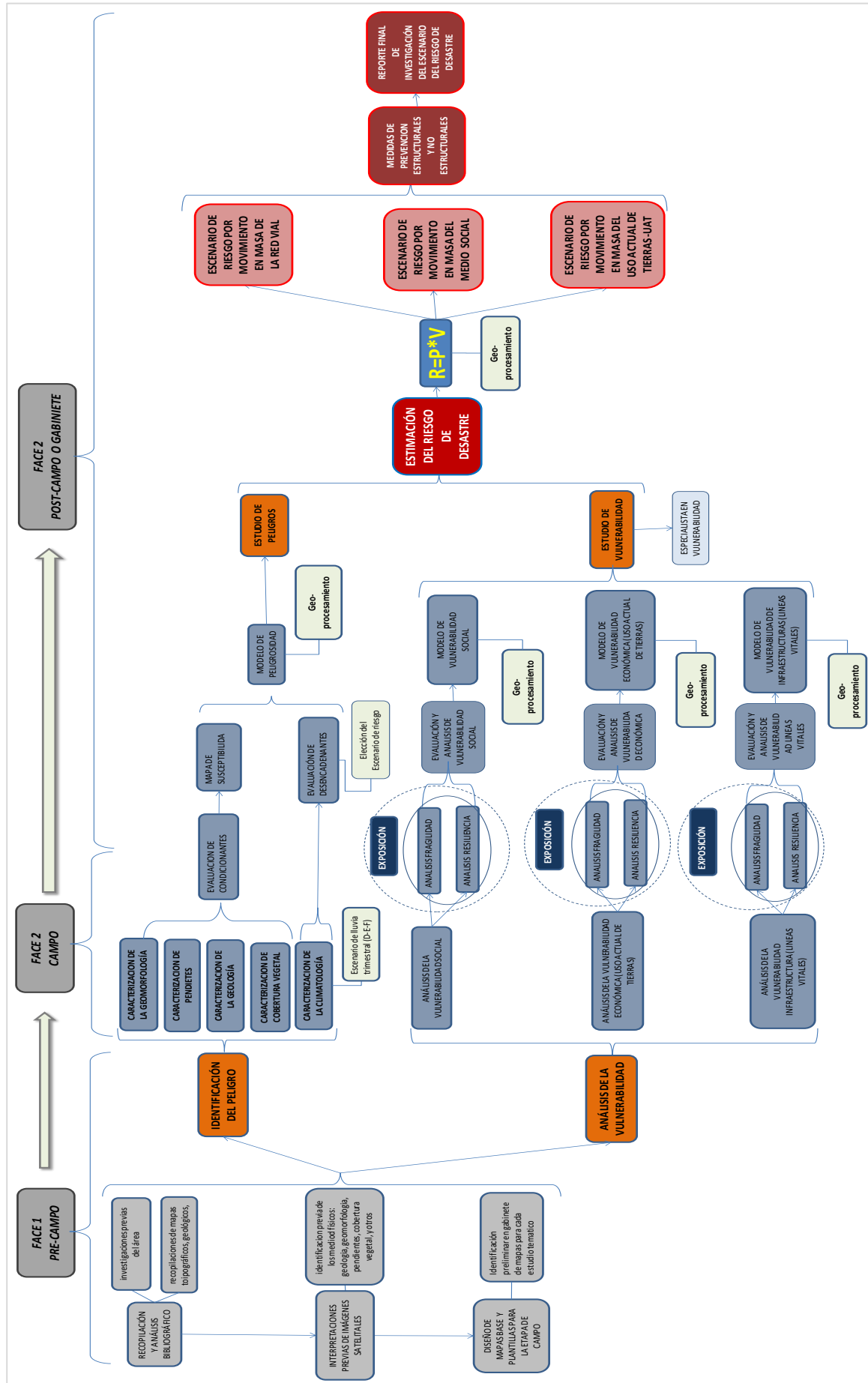


Figura 9. Diagrama metodológico del escenario del riesgo por movimientos en masa
Nota. Elaborado con base a estudios de Ruelas A. et-al. (2019) – IIAP, CENEPRED, y ZEE

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. AREA DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación

La provincia de Carabaya está ubicada al noroeste “N-O” de la región Puno, que limita al norte con la región Madre de Dios, al este con la provincia de Sandía, hacia el sur la provincia de Melgar y Azángaro, y al oeste con la región Cusco (ver figura 10).

Tabla 10
Coordenadas de ubicación de la provincia de Carabaya

Coordenadas UTM (WGS 84 Zona 19S)		Coordenadas Geográficas		
Vértice	Este	Norte	Este	Norte
1	347880E	8549762N	-70.403 E	-13.114 N
2	425552E	8394946N	-69.690 E	-14.517N
3	296656E	8470052N	-70.883E	-13.832N
4	428342E	8464085N	-69.663 E	-13.892N

Tabla 11
Coordenadas Geográficas de la provincia de Carabaya

Coordenadas Geográficas		
Vértice	Este	Norte
1	-70.403 E	-13.114 N
2	-69.690 E	-14.517N
3	-70.883E	-13.832N
4	-69.663 E	-13.892N

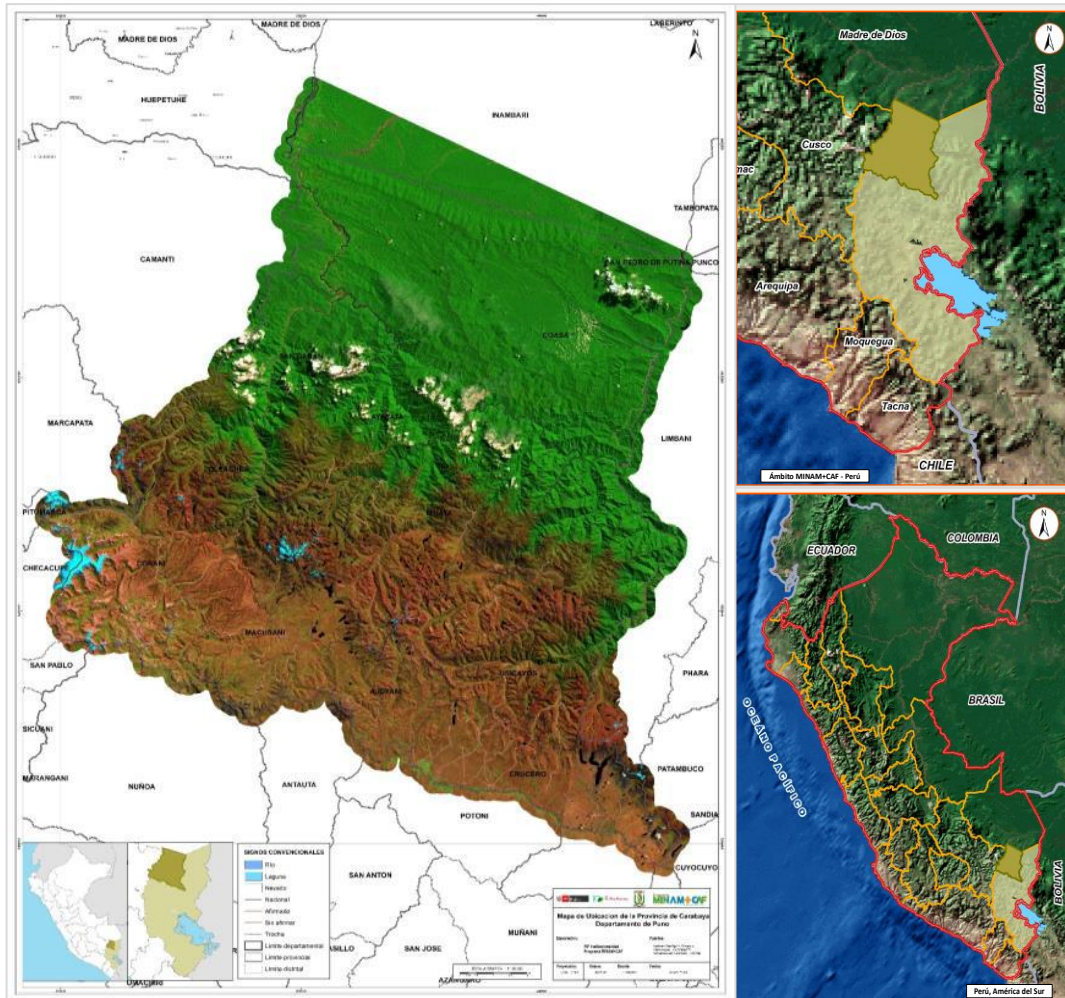


Figura 10. Ubicación de la provincia de Carabaya.

4.1.2. Accesibilidad

Su acceso desde la ciudad de Lima por vía aérea es desde el aeropuerto internacional Jorge Chávez hacia el aeropuerto Inca Manco Cápac de la ciudad de Juliaca, luego se toma la Carretera 34B hasta la provincia de Carabaya hacia su capital Macusani (**ver figura 11**).

Por la vía terrestre utilizando la Carretera Panamericana Sur (1S), Carretera 34A y Carretera Interoceánica hacia Macusani.

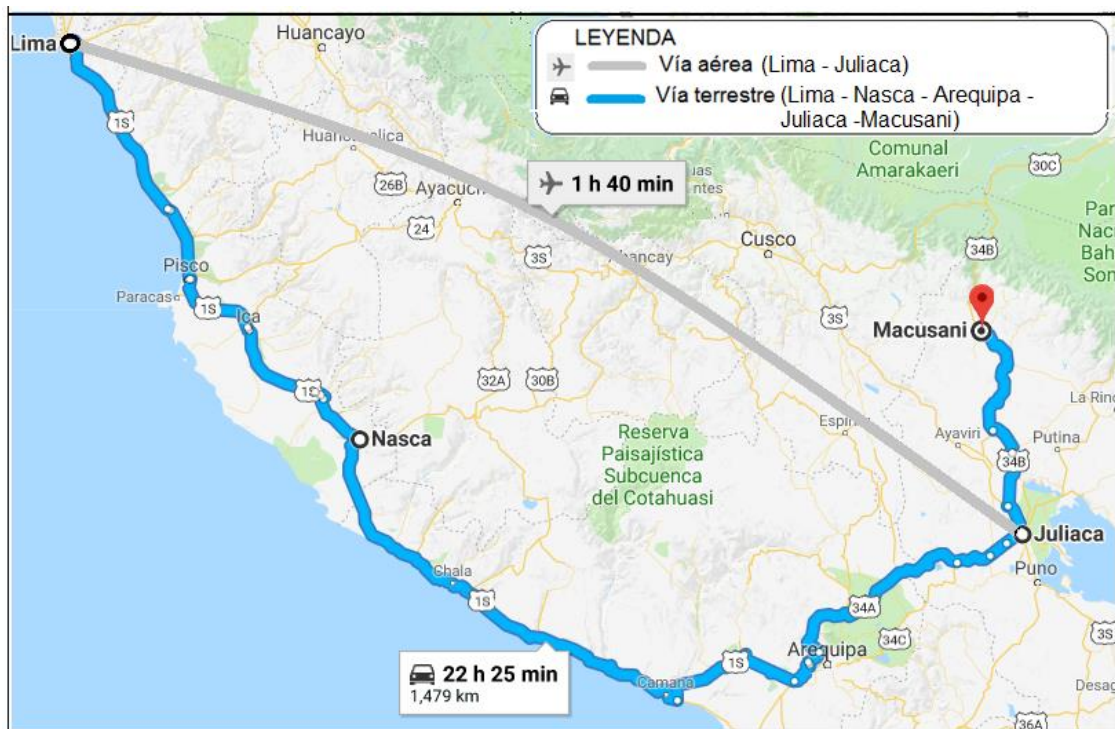


Figura 11. Mapa de acceso a la provincia de Carabaya
Nota. Modificado, con base a Google Earth

4.2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

4.2.1. Generalidades

A escala regional resalta la presencia de la cordillera oriental, con sus cumbres nevadas (2500 hasta 5780 msnm), estando los procesos glaciares en forma activa, y producto de la erosión glacial y/o desglaciación ocurrida en el pasado se han formado valles glaciares, lagunas, morrenas con basamento de rocas neoproterozoicas – paleozoica. Hacia el noreste (NE) se aprecia la faja subandina conformada por montañas, colinas y lomadas, cortadas por valles profundos entre los 2500 a 500 metros de altura, constituida por rocas mesozoicas del cretáceo que sufrieron plegamientos y levantamientos por grandes intrusiones y empuje de las placas tectónicas. Más al noreste (NE), muy cercano con la región de Madre de Dios, tenemos la llanura amazónica, con un relieve suave a ondulado y los ríos discurren en forma sinuosa entre lomadas de 200 a 500 metros de altura, dejando y



formando terrazas y zonas de inundación, donde afloran rocas cenozoicas y cuyo basamento está constituido por rocas mesozoicas y paleozoicas.

4.2.2. Estratigrafía

La zona de investigación comprende una secuencia estratigráfica con rocas desde el neoproterozoico (>541 millones de años) hasta el cenozoico (actualidad), tal como se indica en la columna estratigráfica de esta zona, que fue elaborada con base a estudios previos y lineamientos del Instituto Geológico, Minero, Metalúrgico-INGEMMET (**Ver figura12 y tabla 12**).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
DE LA PROVINCIA DE CARABAYA

EÓN	ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	CODIGO	Potencia (m)	UNIDAD VOLCANICA	UNIDAD INSTRUSIVA Y SUBVOLCANICA	DESCRIPCION LITOLOGICA		
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Fluviales		Q-fl	—			Gravas y arenas heterogéneas envueltas en una matriz arenolimososa.		
				Depósitos Fluvio-aluviales		Q-la	—			Arcillas y limos marrón rojos, con arenas y restos de vegetales.		
				Depósitos Coluviales		Q-co	—			Gravas envueltas en una matriz limoarcillosa y arenosa.		
				Depósitos Coluvio Aluviales		Qh-coal	—			Clastos dispersos en conjuntos polimicticos con matriz de arena gruesa o grava arenosa.		
				Depósitos Lacustres		Q-l	—			Depósitos de limos, arcillas, arenas; interestratificados con materia orgánica continental.		
				Depósitos Fluvio-glaciares		Q-flgl	—			Gravas de diámetros variables subconocidas y subangulosas en una matriz arenosa y arenolimososa.		
				Depósitos Glaciares		Q-gl	—			Morrenas constituidas por bloques subangulosos, gravas, arenas, arcillas y limos mal clasificados.		
				Depósito aluvial 3		Qh-al 3	—			Suelo arcillo limoso y arenoso, macizo duro.		
				Depósito aluvial 2		Qh-al 2	—			Gravas, arenas y conglomerados polimicticos subangulosos.		
		Depósito aluvial 1		Qh-al 1	—			Gravas, arenas y arcillas mal clasificadas, cortos polimicticos.				
		Neógeno/ Cuaternario	Plioceno/ Holoceno	Formación Pagoneña		Qp-pa	1000			Conglomerados polimicticos con carbos de rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivos, unidos por una matriz fino arenosa, arenas de grano grueso.		
				Formación Madre de Dios Superior Formación Madre de Dios Inferior		N-O-m/s N-O-m/i	200 a. 300			Secuencia interestratificada de limos y arcillas rojas, con lentes de conglomerados y arenas bien clasificados.		
		Neógeno	Plioceno	Formación Ipururo		N-I	+200			Areniscas subfines grises amarillentas, de grano grueso, areniscas conglomeráticas en estratos gruesos y finos, conglomerados polimicticos.		
				Formación Queranani		Np-qn Nm-qn Nn-qn	40 a. 65	Miembro Yapanayo Miembro Sapanu Miembro Chacacocha	Santa Anna (Nn-sa) Pluton Nihauisa (Nn-ni)	Tobas vitroclásticas, litoclasticas y cristaloclásticas de composición ríolita con abundante pomez, cuarzo y plagioclasa.		
			Mioceno	Formación Caytoni		Nm-ca	100 a. 150			Subvolcánico And (Nn-ani) Subvolcánico La Huata (Nn-lh) Subvolcánico Umasa (Nn-um) Subvolcánico Anacocha (Nn-an) Subvolcánico Ducha (Nn-du) Subvolcánico Cero (Nn-cero)	Depósitos de conglomerados y bloques con matriz de origen volcánico.	
	Formación Pizotari				Nm-p	50 a. 100	Formación Pizotari		Tobas de color blanco grisáceo con cristales de cuarzo y biotita, los cristales de biotita son redondeados a angulosos.			
	Paleógeno / Neógeno	Oligoceno/ Mioceno	Formación Chambira		PN-ch	500			Areniscas fílicas con clastos oscuros de grano fino, areniscas de grano grueso y conglomerados, intercaladas con limollas verdes y marmoles.			
		Eoceno	Formación Pazo		P-p	30 a. 80			Granodiorita (PN-gd)	Ladolitas de color rojo oscuro con contenido calcáreo.		
	Paleógeno		Paleoceno / Eoceno	Formación Yahuarango		P-y	250			Monzogranito (P-mv)	Secuencia de areniscas arcólicas de color rojo en capas gruesas a medianas intercaladas con lodollitas en capas delgadas de color rojo.	
		Formación Yahuarango Inferior			P-yi	250				Areniscas cuarzosas blanco amarillentas, de grano fino a medio, areniscas ferruginosas.		
	Mesozoico	Cretáceo	Superior	Formación Vivian		Ks-v	60				Limoclastitas grises y marmoles, intercaladas con limollas rojas, calcarenitas, areniscas cuarzosas de grano fino.	
				Formación Chonta		Ks-ch	200					Areniscas cuarzosas blanco rosadas, en estratos gruesos y medianos, areniscas cuarzosas de grano fino, fílicas, con estratificación cruzada.
				Grupo Oriente		Kl-o	600					Cuarzarenitas y subarenitas grises blanquecinas de grano medio a grueso con algunas intercalaciones de areniscas y limoclastitas grises.
			Inferior	Formación Huancane		Kl-ha	150 a. 300					Lavas andalíticas de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa son de coloración pardo rojiza.
				Grupo Mitu Volcánico		Pst-mv	300	Mitu Volcánico	Pluton Olachua (Lm-ol)			Areniscas pardo rojas de grano medio, con delgadas lentes de areniscas cuarzosas blancas, presentar laminación cruzada.
		Pérmico	Superior	Grupo Mitu Sedimentario		Pst-mis	700				Pluton Coasa (PET-co)	Generalmente rocas volcánicas con intercalaciones de areniscas y conglomerados.
				Grupo Mitu Indiferenciado		Pst-mv						
				Formación Ere		Pt-er	250					Areniscas, lutitas y calizas marinas.
				Grupo Copacabana		Pt-c	700					Calizas micríticas y espásticas grises claras con niveles de dolomitas, areniscas y calizas nodulares en la base con presencia de bivalvos.
				Grupo Tarma		Cs-t	50 a. 180					Areniscas feldespáticas verdes, intercaladas con calizas micríticas grises y limoclastitas grises verosas y rojas en menor proporción.
			Inferior	Grupo Ambo		Cla	1000					Areniscas cuarzosas blanquecinas a grises oscuras intercaladas con limas, limoclastitas y limollas grises.
				Grupo Casarillas		D-c	500					Limoclastitas grises, intercaladas con areniscas cuarzosas grises verosas, de grano fino, con oolitas.
Formación Anarzas					SD-a	1500					Estratos delgados de pizarras de coloración gris a gris oscura se encuentran foliados.	
Formación San Galan					Os-kg	170					Conglomerados y brechas sedimentarias con clastos de cuarcitas y areniscas, con capas delgadas de limollas pizarras.	
Formación Sarcia					Os-s	2300					Molarenitas de grano fino a medio, se encuentran fílicas y con presencia de cristales de biotita.	
Paleozoico	Carbonífero	Superior	Grupo Tarma		Cs-t	50 a. 180				Pizarra gris oscura limollas pizarrosas grises, con delgado, intercaladas con delgadas capas de limollas arenosas.		
			Grupo Ambo		Cla	1000						
	Devónico	Superior	Grupo Casarillas		D-c	500				Esquistos arenosos, ortogneis graníticos, metavolcánicos de andesitas y arboollas grises verosas, granitos graníticos.		
			Formación Anarzas		SD-a	1500						
	Siluriano/ Devónico	Superior	Formación San Galan		Os-kg	170				Granitos de grano fino y micascueldos con ensamble de biotita más arcillosa fuertemente deformada de mas de 5m de grosor.		
Formación Sarcia				Os-s	2300							
Proterozoico	Neoproterozoico		Formación San José		Cim-ij	900 a. 1500						
			Formación Anarzas		NP-ca							
				Formación Iscaytamba		NP-cl-gr-isc	1000 a. 1500					

Figura 12. Columna estratigráfica generalizada de la provincia de Carabaya

Interpretación:

En la columna estratigráfica de la Provincia de Carabaya (Figura 12), se deduce la ocurrencia de dos eventos magmáticos y cada uno con varios estadios y pulsaciones magmáticas, que se relacionan con generación de yacimientos minerales.



En la columna estratigráfica muestra un primer magmatismo ocurrido entre finales del paleozoico al jurásico siendo el más representativo el plutón Coasa, y el segundo evento es de edad eoceno al mioceno con una serie de intrusiones como el plutón de Ninahuisa; estas intrusiones están relacionadas con los yacimientos auríferos propios de la zona.

Durante el proceso de magmatismo tardío del neógeno-plioceno tenemos origen de los yacimientos radioactivos emplazados en las formaciones Quenamari y en los depósitos cuaternarios (suelos) en los fondos de las quebradas debido a su alta movilidad geoquímica.

Por otro lado, las rocas formadas en las cuencas paleozoicas de origen marino fueron las rocas madres que generaron la formación de hidrocarburos asociados a los movimientos tectónicos, que ocasionaron la migración hacia rocas de edad cretácica que tuvieron las condiciones para almacenarlo y que constituyen los actuales yacimientos petroleros.

Tabla 12

Estratigrafía de las unidades litológicas de todo el ámbito de estudio

Eón	Era	Sistema	Serie	Unidad Estratigráfica	Unidad Volcánica	Unidad Intrusiva y Subvolcánica	Sección		Descripción Litológica
							Símbolo	Color	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos fluviales	Depósitos fluvio-aluvial	Depósitos coluvio aluvial	Depósitos lacustre	Q-f	Gravas y arenas heterogéneas, envueltas en una matriz arenolimosas.
								Q-fa	Gravas envueltas en una matriz limoarcillosa y arenosa.
								Q-ec	Depósitos conformados por material fino (limos y arenas) e inundaciones.
								Q-ecal	Clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arena guijarrosa o grava arenosa, intercalada con arenas y limos poco gradados.
								Q-1	Gravas de diámetros variables subredondeadas a subangulosas en una matriz arenosa y arenolimosas, producto de la erosión de morenas.
								Qh-fgl	Morenas constituidas por bloques subangulosos, gravas, arenas, arcillas y limos mal clasificados.
								Qh-gl	Arcillas y limos marrón rojizos, con arenas y restos de vegetales.
								Qh-al3	Gravas, arenas y arcillas mal clasificadas, cantos polimícticos.
								Qh-al2	Suelo arcillo limoso y arenoso, marrón claro.
								Qh-al1	Gravas, arenas y conglomerados polimícticos subangulosos.
	Paleógeno / Neógeno	Paleoceno / Holoceno	Cuaternario	Plioceno	Formación Pagorene	Formación Madre de Dios Superior	Formación Madre de Dios Inferior	Op-pa	Conglomerados polimícticos con cantos de rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas, unidos por una matriz limo arenosa, arenas de grano grueso.
								NQ-md/s	Secuencias interestratificadas de limos y arcillas rojas, con lentes de conglomerados y arenas bien clasificadas.
								NQ-md/i	Conglomerado basal polimíctico, arenas y limos rojos con presencia de hematita, restos de vegetales fosilizados y lignito.
								N-1	Areniscas subfáciles gris amarillentas, de grano grueso, areniscas conglomerádicas en estratos gruesos y masivos, conglomerados polimícticos con clastos de rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas, que se encuentran intercaladas con limolitas rojas y abigarradas.
	Paleógeno	Eoceno	Paleoceno / Eoceno	Plioceno	Formación Ipururo	Formación Quenamari	Formación Chacacomiza	Np-qu/y	Tobas vitroclásticas de composición riolítica, cohesionada por recristalización.
								Nm-qu/s	Tobas vitroclásticas de composición riolítica con abundante pómez y matriz cripto cristalina; amigdalas rellenas de calcetonia.
								Nm-qu/h	Tobas litoclásticas y lapilli de composición riolítica y dacítica con cristales de cuarzo, plagioclasa, feldespatos potásico, sanidina, biotita y trazas de vidrio en la matriz cripto cristalina.
								Nm-sa/md	Microdiorita.
								Nm-ni/r	Plutón de composición riolítica, textura porfirítica color gris blanquecino. Presenta fenocristales de cuarzo (ojo de tigre), feldespatos potásico y esporádicamente plagioclasas, como accesorios biotita y cloritas. En una matriz micro o cripto cristalina.
								Nm-ca	Depósitos de conglomerados y bloques con matriz de origen volcánico.
Nm-an/r								Textura porfirítica, con fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasa, minerales de alteración incipiente de cloritización, debido a minerales ferromagnesianos. En una matriz micro a cripto cristalina compuesta por cristales de Qz y Plg.	
Nm-hua/r								Textura porfirítica, presenta fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasas, accesorios muestra anfíboles y biotitas parcialmente alteradas a cloritas.	
Nm-ll/o/r								Fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasas en menor proporción. Minerales accesorios biotitas alterándose a clorita. En una matriz micro a cripto cristalina constituida por cristales de cuarzo, feldespatos potásico y óxidos de hierro.	
Nm-ja/c/di								Microcuarcodiorita de textura granular e equigranular color gris. Presenta cristales de plagioclasa acicular, biotitas y anfíboles alterados parcialmente a cloritas, y en menor proporción presenta cristales de cuarzo.	
Paleógeno / Neógeno	Eoceno	Paleoceno / Eoceno	Mioceno	Formación Clayconi	Formación Picoanti	Formación Picoanti	Nm-da	Dacita.	
							Nm-co/r	Presenta fenocristales de cuarzo y feldespatos potásico, que van acompañados con plagioclasa en algunos casos, como minerales accesorios se tiene biotitas rellenas intersticios entre cuarzo y feldespatos.	
							Nm-p	Tobas de color blanco grisáceo con cristales de cuarzo y biotita, los cristales de biotita son redondeadas a angulosas.	
							Nm-mgr	Monzogranito.	
							N-r	Riolitas.	
							PN-da	Roca de textura porfirítica, de coloración gris verdosa, compuesto de cristales de plagioclasa alineados matriz afanítica.	
							PN-gd	Rocas félsicas de textura fibrofílica, equigranular de grano medio, compuesto de cuarzo, feldespaos y alto contenido de plagioclasa y cristales dispersos de biotita.	
							PN-ch	Areniscas líticas con clastos oscuros de grano fino, areniscas de grano grueso y conglomerados, intercaladas con limolitas verdes y marrones.	
							P-p	Lodolitas de color rojo oscuro con contenido calcáreo.	
							P-mz	Monzogranito.	
Paleógeno	Eoceno	Paleoceno / Eoceno	Plioceno	Formación Yahuarango	Formación Yahuarango	Formación Yahuarango inferior	P-y	Secuencia de areniscas arcósicas de color rojizo en capas gruesas a medianas intercaladas con lodolitas en capas delgadas de color ojizo y algunos niveles abigarrados.	
							P-y/i	Limolitas y lodolitas bioturbadas, pardo rojizas, con nódulos ferruginosos y calcáreos; intercaladas con areniscas arcósicas.	

Paleozoico / Mesozoico	Cretáceo	Superior	Fomación Vivian	Ks-v	rojizos. Presencia de paleosuelos y capas de yeso sin sedimentario. Areniscas cuarzosas blanco amarillentas, de grano fino a medio, areniscas ferruginosas, con delgadas intercalaciones de limoarcillitas grises y moradas.								
		Inferior	Fomación Chonta	Ks-ch	Limoarcillitas grises y marrones, intercaladas con limolitas rojas, calcarenitas, areniscas cuarzosas de grano fino y capas delgadas de calizas.								
Paleozoico / Mesozoico	Jurásico	Inferior/ Medio	Fomación Huancané	Ki-o	Areniscas cuarzosas blanco rosadas, de grano fino a medio, en estratos gruesos y masivos, areniscas cuarzosas de grano fino, frías, con estratificación cruzada.								
				Ki-hn	Cuarzoarenitas y sublitarenitas grises blanquecinas de grano medio a grueso con algunas intercalaciones de areniscas y limoarcillitas grises.								
				Jm-o/sie	Siemita. Roca de textura granular, compuesto de alto contenido de cristales feldespato potásico, plagioclasa, la roca es de coloración pardo rojiza.								
				PT-sg/gd	Roca holohercínica, leucocrata equigranular, con biotitas subhedral en escamas.								
				PT-sg/te-di	Diorita de textura granular.								
				PT-sg/di	Roca de textura granular.								
				PT-sg/gr	Roca melanocrata con fenas de gruesa plagioclasa y cuarzo.								
				PT-sg/mgr	Roca de textura porfírica a equigranular de grano medio, presenta cristales de cuarzo de 3 a 7 mm y feldespato tabular de 4 a 15mm.								
				PT-sg/sgr	Roca de textura porfírica a equigranular de grano medio, presenta cristales de cuarzo de <3mm y feldespato tabular de 4 a 15mm.								
				PT-ae/gr	Roca intrusiva félsica de textura fanerítica, equigranular de grano medio a grueso, con eventuales fenocristas (<3cm) de cristales de feldespato potásico y matriz de cuarzo, plagioclasa, feldespato y biotita.								
				PT-ae/gd	Roca intrusiva holohercínica equigranular de grano medio a fino compuesto de cuarzo, plagioclasa y feldespato.								
				Paleozoico / Mesozoico	Pérmico / Trásico	Pérmico / Trásico	Plutón Ayapata	PT-co/gr	Roca intrusiva de textura fanerítica, equigranular de grano medio a grueso, compuesto de cuarzo, feldespato, plagioclasa, en sectores presenta desarrollo de cristales de feldespato.				
PT-co/mgr	Roca de textura porfírica con abundantes megacristales (<4cm) de feldespato potásico y matriz de cuarzo, feldespato y biotita.												
PT-co/di	Roca de textura equigranular de grano fino, constituida principalmente por minerales máficos.												
PT-co/gr-gd	Granito y Granodiorita.												
PT-ngd	Roca de textura fanerítica, equigranular de grano fino a medio, constituida por plagioclasas, biotita y cuarzo.												
PT-gr	Roca intrusiva de textura fanerítica, equigranular de grano medio, compuesto de cuarzo, feldespato potásico, y en menor proporción la presencia de plagioclasa.												
PsT-m/v	Lavas andesíticas de textura porfírica con fenocristas de plagioclasa, son de coloración pardo rojiza.												
PsT-m/s	Areniscas pardas rojizas de grano medio, con delgadas niveles de areniscas cuarzosas blancas, presentan laminación cruzada.												
PsT-m/f	Generalmente rocas volcánicas con intercalaciones de areniscas y conglomerados.												
PT-gd	Granodiorita.												
Ps-en	Areniscas, lutitas y calizas marinas.												
Paleozoico	Pérmico	Superior	Fomación Ene					Ps-en	Calizas micríticas y espáticas gris claras con niveles de dolomitas, areniscas y calizas nodulares en la base con presencia de fósiles.				
				Pi-c	Areniscas feldespáticas verdes, intercaladas con calizas micríticas grises y limoarcillitas gris verdosas y rojizas en menor proporción.								
				Cs-t	Areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras intercaladas con lutitas, limoarcillitas y limolitas grises.								
				Ci-a	Areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras intercaladas con lutitas, limoarcillitas y limolitas grises.								
				D-c	Limoarcillitas grises, intercaladas con areniscas cuarzosas gris verdosas, de grano fino, con ondulitas y en estratos delgados.								
				SD-a	Estratos delgados de pizarras de coloración gris a gris oscura se encuentran foliados, presenta fractura astillosa.								
				Os-sg	Conglomerados y brechas sedimentarias con clastos de cuarzas y areniscas con capas delgadas de limolitas pizarrosas.								
				Os-s	Metareniscas de grano fino a medio, se encuentran foliadas y con presencia de cristales de biotita y ocasionalmente se encuentran areniscas masivas con equedales.								
				Olm-sj	Pizarras gris oscura, limolitas pizarrosas grises, con clivaje, intercaladas con delgadas capas de limolitas arenosas.								
				NP-ca	Espinitas arenosas, ortogneis graníticos, metavolcánicos de andesitas y anfibolitas gris verdosas, granitos gneisificados.								
				NP-ci-gn,esc	Gneis de grano fino y metesquistos con ensamble de biotita más andalucita fuertemente deformada de más de 5m de grosor.								
				Paleozoico	Carbonífero	Inferior	Grupo Copacabana	Ps-en	Calizas micríticas y espáticas gris claras con niveles de dolomitas, areniscas y calizas nodulares en la base con presencia de fósiles.				
Cs-t	Areniscas feldespáticas verdes, intercaladas con calizas micríticas grises y limoarcillitas gris verdosas y rojizas en menor proporción.												
Ci-a	Areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras intercaladas con lutitas, limoarcillitas y limolitas grises.												
D-c	Limoarcillitas grises, intercaladas con areniscas cuarzosas gris verdosas, de grano fino, con ondulitas y en estratos delgados.												
SD-a	Estratos delgados de pizarras de coloración gris a gris oscura se encuentran foliados, presenta fractura astillosa.												
Os-sg	Conglomerados y brechas sedimentarias con clastos de cuarzas y areniscas con capas delgadas de limolitas pizarrosas.												
Os-s	Metareniscas de grano fino a medio, se encuentran foliadas y con presencia de cristales de biotita y ocasionalmente se encuentran areniscas masivas con equedales.												
Olm-sj	Pizarras gris oscura, limolitas pizarrosas grises, con clivaje, intercaladas con delgadas capas de limolitas arenosas.												
NP-ca	Espinitas arenosas, ortogneis graníticos, metavolcánicos de andesitas y anfibolitas gris verdosas, granitos gneisificados.												
NP-ci-gn,esc	Gneis de grano fino y metesquistos con ensamble de biotita más andalucita fuertemente deformada de más de 5m de grosor.												
Paleozoico	Devónico Siluriano/ Devónico	Superior	Fomación Amnea					SD-a	Estratos delgados de pizarras de coloración gris a gris oscura se encuentran foliados, presenta fractura astillosa.				
								Os-sg	Conglomerados y brechas sedimentarias con clastos de cuarzas y areniscas con capas delgadas de limolitas pizarrosas.				
				Os-s	Metareniscas de grano fino a medio, se encuentran foliadas y con presencia de cristales de biotita y ocasionalmente se encuentran areniscas masivas con equedales.								
				Olm-sj	Pizarras gris oscura, limolitas pizarrosas grises, con clivaje, intercaladas con delgadas capas de limolitas arenosas.								
				NP-ca	Espinitas arenosas, ortogneis graníticos, metavolcánicos de andesitas y anfibolitas gris verdosas, granitos gneisificados.								
				NP-ci-gn,esc	Gneis de grano fino y metesquistos con ensamble de biotita más andalucita fuertemente deformada de más de 5m de grosor.								
				Paleozoico	Ordovícico	Inferior/ Medio	Grupo San José	Olm-sj	Pizarras gris oscura, limolitas pizarrosas grises, con clivaje, intercaladas con delgadas capas de limolitas arenosas.				
								NP-ca	Espinitas arenosas, ortogneis graníticos, metavolcánicos de andesitas y anfibolitas gris verdosas, granitos gneisificados.				
								NP-ci-gn,esc	Gneis de grano fino y metesquistos con ensamble de biotita más andalucita fuertemente deformada de más de 5m de grosor.				
								Neoproterozoico	Neoproterozoico	Medio	Complejo Arzua	NP-ca	Espinitas arenosas, ortogneis graníticos, metavolcánicos de andesitas y anfibolitas gris verdosas, granitos gneisificados.
												NP-ci-gn,esc	Gneis de grano fino y metesquistos con ensamble de biotita más andalucita fuertemente deformada de más de 5m de grosor.
												Proterozoico	Proterozoico

Nota. La columna estratigráfica Corresponde a todo el ámbito político administrativo de la provincia de Carabaya.

La columna estratigráfica, es descrita Geocronológicamente iniciando desde las formaciones más antiguas como los complejos metamórficos de Iscaybamba y Araza del proterozoico/neoproterozoico hasta las más recientes formaciones como los depósitos fluviales del cuaternario/holocénico tal como de muestra en la **figura 12** y **tabla 12**, que son descritas a continuación:

4.2.2.1. Precámbrico

a) Complejo Iscaybamba (NP-ci) (Proterozoico / Neoproterozoico >541 Ma)

Laubacher G. (1981) citado en Boletín 81-A INGEMMET (1996), en su trabajo realizado conjuntamente con ORSTON-INGEMMET, aquí se menciona los complejos de rocas metamórficos e intrusivas. Este complejo aflora al noreste NE del cuadrángulo de Corani, en este sector debido a la gran cubierta vegetal se ha inferido que los contactos tanto con el grupo San José como con la formación Sandia serían por fallas inversas. Está compuesta por una sucesión de gneis de grano fino y mica esquistos, con ensamble de biotita más andalucita fuertemente deformada de más de 5 metros de grosor.

b) Complejo Araza (NP-ca) (Proterozoico / Neoproterozoico >541 Ma)

El complejo Araza se predispone en contacto con el grupo San José en el distrito de San Gaban, se caracteriza por su composición de esquistos arenosos, ortogneis graníticos, meta volcánico, andesitas y anfibolitas gris verdosas, granitos gneisificados aflora en el borde del río Chaquimayo.

4.2.2.2. Paleozoico

a) Grupo San José (Oim-sj) (Ordovícico Inferior/Medio >458 Ma)



Descrito por Laubacher. G. (1978), de edad Llanvirniana del ordovícico medio-inferior tal como lo mencionan Laubacher (1978) en Boletín 81-A INGEMMET, con espesores que superan los 3000 metros. infrayacente a la formación Sandia.

Compuesto litológicamente por pizarras gris oscuras, limolitas pizarrosas grises, con clivaje, intercaladas con delgadas capas de limolitas arenosas. La formación Sandía, se encuentra intruído por el plutón de Ayapata y en contacto mediante fallas inversas con el complejo Iscaybamba y el complejo Araza. La mayor extensión de afloramientos se presenta a lo largo del río Inambari, conformando una franja de orientación de noroeste a sureste NO-SE y continúa por el extremo norte del cuadrángulo de Ayapata.

b) Formación Sandia (Os-s) (Ordovícico Superior >443.8 Ma)

Identificado por Laubacher G. (1973) además indica que se predispone en el valle del río Sandia, aflora en las provincias de Sandia y Carabaya, de edad el Ordovícico superior (Laubacher G. 1973, citado en Boletín 90-A INGEMMET, 1997, p.38). La formación Sandia está compuesta por metareniscas de grano fino a medio, con foliaciones y presencia de cristales de biotita y ocasionalmente poseen areniscas masivas con oquedades.

c) Formación San Gabán (Os-sg) (Ordovícico Superior >443.8 Ma)

Una ligera secuencia de turbitas de areniscas brechosas, reconocida como un nivel glaciomarino; con una potencia de 150 a 170 m (Laubacher, G. 1978. & Valdivia, H. 1974. Citado en Boletín 81-A INGEMMET, p.39). Esta formación está compuesta por conglomerados y brechas sedimentarias con



clastos de cuarcitas y areniscas, con capas delgadas de limolitas pizarrosas; aflora en contacto con la formación Sandia extendiéndose en forma subparalelo al río Inambari.

d) Formación Ananea (SD-a) (Silúrico/Devónico 358.9 Ma)

Designado así por Laubacher G. (1973) en la localidad de Ananea, en la Cordillera Oriental con edad del Siluro-Devoniano. Compuesto por lutitas negras pizarrosas en laminación de paralelismo milimétrico estos en paquetes con tonos café oscuros y beige entre otras con presencia orgánica (Boletín 90-A INGEMMET, 1997). Expuesto en estratos delgados de pizarras de con tono gris a gris oscura con foliaciones, presentan fracturas astillosas. Aflora alrededor del plutón y en los alrededores de la localidad de Ollachea en una franja E-O, y algunos afloramientos al sur de la localidad de Macusani, en Crucero y al norte del distrito de Usicayos. En la parte NE de Carabaya en zona de selva subandina se encuentra alrededor del río Azulmayo.

e) Grupo Cabanillas (D-c) (Devónico >358.9 Ma)

Descrita por Newell N.D. (1949) en la localidad homónima localizado a 40 km al SO de la ciudad de Juliaca. Bajo la misma denominación fue cartografiado por Laubacher G. (1978) y Palacios O., et al. (1992) en la región del altiplano. Esta unidad está compuesta por limo arcillitas grises intercaladas con areniscas cuarzosas gris verdosas, de grano fino con ondulitas y en estratos delgados. Aflora al norte de Carabaya en forma de una franja en dirección noroeste-sureste NO-SE guardando paralelismo con el río Inambari



f) Grupo Ambo (Ci-a) (Carbonífero Inferior >323.2 Ma)

Caracterizada por secuencias de samita - pelíticas continental, este grupo Ambo aflorando en la localidad Ambo departamento de Huánuco (Newell et al. 1948, citado en Boletín 74 – A, INGEMMET, 1996). El Grupo Ambo está compuesto por areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras intercaladas con lutitas, limo arcillitas y limolitas grises. En la provincia de Carabaya aflora en las zonas altoandinas entre los distritos de Ajoyani, Crucero, Usicayos y Macusani.

g) Grupo Tarma (Cs-t) (Carbonífero Superior >298.9 Ma)

Determinada por una secuencia pelito-calcárea en la sierra central del Perú, y una secuencia marina constituida por areniscas, limoarcillitas oscuras y calizas en la ciudad de Tarma (Dumbar G. & Newell N. (1946) citado en Boletín 74–A. INGEMMET).

Litológicamente está compuesto por areniscas feldespáticas verdes intercalados con calizas micríticas grises y limoarcillitas gris verdosas y rojizas en menor proporción. En la zona de estudios se presenta en los alrededores de la localidad de Usicayos y en las partes altas del Crucero al límite con Usicayos

h) Grupo Copacabana (Pi-c) (Pérmico Inferior >272.9 Ma)

Se identifica una secuencia calcáreo-pelítica a orillas del lago Titicaca Copacabana así mismo se menciona por primera vez la presencia de calizas grises con limoarcillitas oscuras (Douglas J.A. 1914. Citado en Boletín 74 – A, INGEMMET, 1996). En el área de estudio el grupo Copacabana se encuentra compuesto por calizas micríticas y espáticas gris claras con niveles



de dolomitas, areniscas y calizas nodulares en la base con presencia de fósiles, aflorando al sur de Carabaya alrededor del poblado de Ajoyani en los cerros Jatun Pinguilluni, Querochulluni, Yanamayo, Ticani, Taquitira y alrededor de la quebrada Condoriquiña y el cerro Allpajata.

i) Formación Ene (Ps-en) (Pérmico Superior >252.17 Ma)

El nombre de formación Ene viene del Pongo de Paquizapango en el río Tambo del Perú Central (Leight y Rejas, 1966) de naturaleza lutítica - calcárea del pérmico superior que sobreyace al grupo Copacabana (pérmico inferior) e infrayace a la formación Sarayaquillo del Jurásico. (XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N°9 (2010), Cusco p. 830-833). En Carabaya la formación Ene está compuesta mayormente por areniscas, lutitas y calizas marinas. El afloramiento se sitúa al noroeste NO del poblado de Ajoyani en el Nevado Toldoqueri.

j) Grupo Mitu Indiferenciado (PsT-m/i) (Pérmico Superior-Triásico 230 Ma)

Grupo Mito (del quechua, lodo o aluvión), acuñado por Mc. Laughlin, A. (1924) y determinada como una secuencia molásica de edad permiano, en Cerro de Pasco-Perú Central (Boletín 25 A, INGEMMET). Litológicamente está compuesto por rocas volcánicas con intercalaciones de areniscas y conglomerados, al suroeste SO de Carabaya en la margen derecha del río Corani, y al noreste NE y sur S del poblado de Macusani.



**k) Grupo Mitu Sedimentario (PsT-m/s) (Pérmico Superior-
Triásico >247.2 Ma)**

El Grupo Mitu reposa en discordancia angular sobre el Grupo Copacabana tal como se puede observar en el cerro Cuchilluni y alrededor del nevado Allin Japac (Boletín 25 A, INGEMMET). Litológicamente está compuesto por areniscas pardas rojizas de grano medio, con delgados niveles de areniscas cuarzosas blancas, presentan laminación cruzada.

**l) Grupo Mitu Volcánico (PsT-m/v) (Pérmico Superior - Triásico
247.2 Ma)**

La parte superior del Grupo Mitu está compuesta por una sucesión gruesa de derrames lávicos. Se encuentra al NO de Macusani, al pie del Nevado Toldoqueri y al Sur de Macusani por la quebrada Jajasenja, al SO alrededor de la laguna Cocha Cunca (Boletín 25 A, INGEMMET). Está compuesto por lavas andesíticas de textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas, son de coloración pardo rojiza.

4.2.2.3. Mesozoico

a) Formación Huancané (Ki-hn) (Cretácico Inferior >100.5 Ma)

La formación Huancané fue determinada por Newell (1949). Las potencias de espesor varían entre 30 y 300 m. constituida por conglomerados y areniscas cuarzosas de color blanco, de origen fluvial (Carlotto, 1998). En la zona de trabajo esta compuestas por estratos conteniendo cuarzo arenitas y sublitarenitas gris blanquecinas, de grano medio a grueso con algunas intercalaciones de areniscas y limo arcillitas grises. Aflorando al este de la zona de alteración de Corani.



b) Grupo Oriente (Ki-o) (Cretácico Inferior 100.5 Ma)

Fue reconocido por Kummel (1946). Presenta en algunos horizontes lutáceos con restos de plantas y material carbonífero. Además, está compuesto de areniscas cuarzosas blanco rosadas, de grano fino a medio, en estratos gruesos y masivos, areniscas cuarzosas de grano fino, friables con estratificación cruzada. Aflora en la margen derecha del río Yahuarmayo, margen derecha del río Inambari formando sinclinales y anticlinales con fallas normales e inversas.

c) Formación Chonta (Ks-ch) (Cretácico Superior >66 Ma)

Definida por Morán y Fyfe (1933) en la Isla de Chonta en el río Pachitea, desarrollado en un ambiente de formación marino superficial a transicional deltaico. En el área de estudio afloran a lo largo del río Inambari, y margen derecho del río Yahuarmayo. Su litología se compone de una secuencia de limo arcillitas grises y marrones, intercaladas con limolitas rojas, calcarenitas, areniscas cuarzosas de grano fino y capas delgadas de calizas.

d) Formación Vivian (Ks-v) (Cretácico Superior 66 Ma)

Determinada por Moran y Fyfe (1933) como areniscas de azúcar y definida posteriormente por Kummel (1948) en la quebrada Vivían del anticlinal de Contamana. Esta formación se ha depositado en un medio ambiente fluvial-deltaico está compuesta litológicamente por areniscas cuarzosas blanco amarillentas de grano fino a medio, areniscas ferruginosas con delgadas intercalaciones de limo arcillitas grises y moradas. Afloran lo



largo de la faja subandina con rumbo noreste-sureste NO-SE con espesores entre 150m a 237m.

4.2.2.4. Cenozoico

a) Formación Yahuarango Inferior (P-y/i) (Cenozoico Paleógeno Paleoceno/Eoceno >33.9 Ma)

Identificada y nombrada por Kummel (1948), indica que se disponen en estratos de limonitas y lodolitas bioturbadas, pardo rojizas, con nódulos ferruginosos y calcáreos, intercaladas con areniscas arcósicas rojas. Además, con presencia de paleosuelos y capas de yeso sinsedimentario. Aflora en el río Inambari al norte de Ayapata y en la desembocadura del río Chaspa.

b) Formación Yahuarango (P-y) (Cenozoico Paleógeno Paleoceno/Eocena 33.9 Ma)

De la misma manera, fue nombrada por Kummel (1948), esta formación se depositó en un ambiente continental de tipo lacustrino a fluvial. Compuesta por una secuencia de areniscas arcósicas de color rojizo en capas gruesas a medianas intercaladas con lodolitas en capas delgadas de color rojizo y algunos niveles abigarrados. Aflora alrededor del río Candamo constituida por una serie de plegamientos con eje de orientación de noroeste-sur NO-S.

c) Formación Pozo (P-p) (Cenozoico Paleógeno – Eoceno >33.9 Ma)

Litológicamente está compuesta por lodolitas de color rojo oscuro con contenido calcáreo, se encuentra en la zona de selva de la reserva del Bahuaja



Sonene en el distrito de Coasa, y se encuentra aflorando en la parte alta de la quebrada Ursulinda en confluencia del río Ebehuabaeji y el río Candamo.

**d) Formación Chambira (PN-ch) (Cenozoico Paleógeno/Neógeno
20.44 Ma)**

Identificado y reconocido por Baldock (1982), así mismo se señala que la formación Chambira se caracteriza por componer estratos de areniscas con clastos de tonos oscuros y de grano fino, areniscas de grano grueso y conglomerados, intercaladas con limolitas en coloraciones de verdes y marrones. Esta formación aflora en la zona norte entre los distritos de Coasa y Ayapata.

**e) Formación Picotani (Nm-p) (Cenozoico Neógeno/Mioceno >5.3
Ma)**

Conocidas también por ignimbritas Picotani, inicialmente nombrada por Kontak (1985) posteriormente por Laubacher & Bohomme (1978), esta formación eruptiva de Picotani es correlacionado con las ignimbritas del Quenamari (Macusani) por su similar composición geoquímica (Boletín 84 – A, INGEMMET, 1996). Esta unidad sub volcánica está compuesta por una secuencia de tobas de color blanco grisáceo con cristales de cuarzo y biotita, los cristales de biotita redondeadas a angulosas. La formación Picotani aflora con tendencias de sureste SE del poblado de Crucero con una tendencia norte-sur N-S.

**f) Formación Cayconi (Nm-ca) (Cenozoico Neógeno/Mioceno 5.3
Ma)**



La denominación de la formación Cayconi fue dada por Laubacher, G, et al. (1988), con fines de describir las interestratificaciones de rocas sedimentaria a una secuencia volcánica basáltica y silico-peraluminicas (Boletín 79-A, INGEMMET). Así mismo se compone por depósitos de conglomerados y bloques con matriz de origen volcánico. Esta formación aflora al noroeste N-O del distrito de Crucero en los cerros Ancara, Amaysanca, Coñiza Orco y alrededor de la quebrada Pupusa.

g) Formación Quenamari /Miembro Chacaconiza (Nm-que/ch)

(Cenozoico Neógeno - Mioceno 5.3Ma)

Es el miembro basal de la formación Quenamari, Audebaud, E. (1973), Además, este miembro se encuentra rellenando los paleo relieves (Boletín 74-A & 79-A, INGEMMET, 1996). Este miembro Chacaconiza está compuesto de una sucesión continua de flujos ignimbríticos bien cohesionados cuyo espesor de potencia varía de 10 a 15 m, se compone por tobas litoclásticas y lapilli de composición riolítica y dacítica con cristales de cuarzo, plagioclasas y feldespatos potásicos, sanidina, biotita y trazas de vidrio en la matriz criptocristalina. afloran al sur de la localidad de Corani y al este del pueblo de Macusani.

h) Formación Quenamari /Miembro Sapanuta (Nm-que/s)

(Cenozoico Neógeno - Mioceno 5.3 Ma)

Tratado inicialmente por Audebaud, E. (1973) con la denominación de miembro Sapanuta inmerso de la formación Quenamari. Aflora en los alrededores de la quebrada Chacaconiza en el nevado Ananta. El miembro Sapanuta se ha desarrollado una morfología típica de bosque de piedras que



lo distingue de los otros miembros. Litológicamente está compuesto por tobas cristaloclásticas de composición riolítica con abundante pómez y matriz criptocristalina; amígdalas rellenas de calcedonia.

i) Formación Quenamari /Miembro Yapamayo (Np-que/y)

(Cenozoico Neógeno - Plioceno 2.58 Ma)

Es el miembro superior de la formación Quenamari, Audebaud, E. (1973), o volcánico Quenamari, para referirse a una amplia zona ignimbrítica que se extiende al este de la laguna Sibinicocha, aflora al sur de Corani y al este de Macusani. El miembro Yapamayo está compuesto por una sucesión de 4 estadios de flujos deposicionales de ignimbritas con potencias variables entre 30m a 50m, de composición riolítica; son flujos de cenizas débilmente consolidadas en la base y hacia el techo con una toba blanquecina. Adicionalmente su litología está constituida por tobas vitroclásticas de composición riolítica, cohesionada por recristalización.

j) Formación Ipururo (N-i) (Cenozoico Neógeno/Plioceno >2.58

Ma)

Son capas rojas de lodolitas rojizas a grises y areniscas identificado en la Cuenca del Ucayali por Kummel, B. (1948), citado en Boletín 81-A, INGEMMET, 1996. Se trata de rocas elásticas areniscas sublíticas gris amarillenta de grano grueso, areniscas conglomerádicas en estratos gruesos y masivos, conglomerados polimícticos con clastos de rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas, que se encuentran intercaladas con limolitas rojas y abigarradas. En la zona de estudio aflora al norte de los distritos de Ayapata y Coasa al límite con la región de Madre de Dios.



Cuaternario

En esta sección se presentan diversos depósitos asociados a las geoformas actuales tanto en la parte cordillerana y las zonas de selva, algunos directamente conectados a los pies o faldas de los nevados relleno de valles y formando altiplanicies; presentando morrenas, fluvio-glaciares, coluviales y aluviales.

k) Formación Madre de Dios Inferior (NQ-md/i) (Cenozoico Neógeno/Cuaternario 2 Ma)

Descrita por Oppenheim (1946), como capas rojas, y según Campbell et al. (1985 – 1989), se reconocen tres miembros bien diferenciados, denominándose de abajo hacia arriba como miembros A, B y C. El miembro A, presenta en la base un nivel de gravas, gravilla y conglomerados de clastos arcillosos en una matriz arenosa y clastos de cuarcitas, areniscas, intrusivos y rocas metamórficas. En el miembro B contiene arcillas rojo violáceo, con depósitos de arenas y conglomerados de gravilla con clastos de arcillita y cuarcitas con potencias entre 10 y 20 m. El miembro C está compuesto por arcillas, limos arenosos de color beige, con arenas cuarzosas, con tonos beige con potencias entre 10m y 40m, conglomerados, gravas y arenas. (Campbell 1985, citado en Boletín 81-A, INGEMMET, 1996). En líneas generales la formación Madre de Dios inferior, se compone conglomerado basal polimíctico, arenas y limos rojos con presencia de hematita, restos de vegetales fosilizados y lignito; y se predisponen aflorando en contacto litológico con la formación Ipururo, en las zonas de selva de planicie de terrazas disectadas al norte de la provincia de Carabaya con la región Madre de Dios.



**l) Formación Madre de Dios Superior (NQ-md/s) (Cenozoico
Neógeno/Cuaternario <2 Ma)**

Esta formación, descrita por Oppenheim (1946) en la cuenca de Madre de Dios. La formación Madre de Dios superior descansa sobre la formación Madre de Dios inferior. El conglomerado basal indica una actividad erosiva debida a los procesos de levantamiento a fines del Plioceno y comienzos del Pleistoceno, que aflora en el norte de Carabaya en contacto con los cuaternarios aluviales. Su litología es una secuencia interestratificada de limos y arcillas rojas, con lentes de conglomerados y arenas bien clasificadas. Aflora al norte de Carabaya.

**m) Formación Pagorene (Qp-pa) (Cuaternario/Pleistoceno 0.126
Ma)**

Se trata de conglomerados de cantos redondeados a sub- redondeados heterogéneos en matriz arenosa, identificado y denominado principalmente por Kummel, B. (1946) en la región de Contamana (Ucayali). Se correlaciona con los conglomerados de Mazuco (Boletín 81-A, INGEMMET, 1996). Aflora al norte de Carabaya en el distrito de Ayapata en zonas de bosques de colinas, en la margen derecha del río Chaspa y del río Yahuarmayo. Adicionalmente se compone por conglomerados polimícticos con cantos de rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas, unidas con una matriz limo arenoso, arenas de granos gruesos.

n) Depósito aluvial 1 (Qh-all) (Cuaternario/Holoceno <0.0117 Ma)

Son aquellos depósitos que se han formado en los cauces de los ríos y quebradas tributarias, que posteriormente han sido abandonados por su cause



original, posteriormente formando superficies sub horizontales, compuestos por gravas, arenas y arcillas mal clasificadas y cantos polimícticos.

o) Depósito aluvial 2 (Qh-al2) (Cuaternario/Holoceno <0.0117 Ma)

Son depósitos de bancos a manera de terrazas más jóvenes y/o formados después de los depósitos aluviales tipo 1 que se menciona líneas arriba, este aluvial tipo 2 está compuesto por gravas, arenas y conglomerados polimícticos sub angulosos.

p) Depósito aluvial 3 (Qh-al3) (Cuaternario/Holoceno <0.0117 Ma)

Son depósitos posteriores o a los aluviales de tipo 2, acumulados en bancos a manera de terrazas compuestos por materiales más finos como suelo arcillo limoso y arenoso, marrón claro.

q) Depósitos glaciares (Qh-gl) (Cuaternario / Holoceno <0.0117 Ma)

Se predisponen naturalmente en las zonas altoandina de pie y/o laderas de montaña cordillerana como depósitos de morrenas a efecto de la actividad de los glaciares, estas son constituidas por bloques subangulosos, gravas, arenas, arcillas y limos mal clasificados.

r) Depósitos fluvio-glaciares (Qh-flgl) (Cuaternario / Holoceno <0.0117 Ma)

Estos depósitos provienen de la erosión y removilización de las morrenas debido a la desglaciación, por acción de las aguas superficiales a manera de flujos torrenciales, formando estratos poco consolidados sub horizontales compuestos por gravas de diámetros variables sub redondeadas a sub angulosas en una matriz arenosa y areno limosa, producto de la erosión



de las morrenas y la gelifracción de las rocas superficiales arrastradas y dispuestos es las partes bajas, por debajo de los 4000 metros y rellenando el fondo de los valles formando planicies extensas.

s) Depósitos lacustres (Qh-l) (Cuaternario/ Holoceno <0.0117 Ma)

Estos depósitos subhorizontales a llanos se encuentran ubicados en los fondos planos y riberas de las lagunas, son depósitos de material fino de limos, arcillas, arenas, interestratificados, con materia orgánica continental.

t) Depósitos coluvio aluviales (Q-coal) (Cuaternario /reciente <0.0117 Ma)

Se encuentran expuestos al pie de las montañas, llegando hasta zonas subhorizontales de los cauces de las quebradas, compuestos en depósitos por clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arena guijarrosa o grava arenosa, intercalados con arenas y limos poco gradados.

u) Depósitos coluviales (Q-co) (Cuaternario/reciente <0.0117 Ma)

Son depósitos acumulados en las partes bajas de las zonas montañosas, dispuestos a manera de conos aluviales, compuestos por gravas angulosas envueltas en una matriz limo arcilloso y arenoso.

v) Depósito fluvio-aluvial (Q-fa) (Cuaternario/reciente <0.0117 Ma)

Son terrazas en dispuestas en zonas de llanura muy cercanos a los depósitos fluviales, son una combinación de materiales fluviales y aluviales, se componen básicamente por arcillas y limos marrón rojizos, con arenas y restos de vegetales.



w) Depósitos fluviales (Q-fl) (Cuaternario/reciente <0.0117 Ma)

Estos depósitos se encuentran ubicados en los fondos y riberas de los ríos, con formas cambiantes debido a la dinámica fluvial, compuestos por gravas y arenas heterogéneas envueltas en una matriz areno limosa.

4.2.3. Litología de rocas magmáticas o ígneas

La provincia de Carabaya posee rocas intrusivas plutónicas de composición ácida a intermedia, y en forma general en la cordillera oriental tenemos el mayor número de intrusiones magmáticas entre el paleozoico hasta el pérmico/triásico con una amplia variedad de litología ígnea del tipo monzograníticos, dioríticos y granodioríticos, que conllevan características mineralógicas afines de grano grueso con mega cristales de feldespato potásico, plagioclasas y microclina generalmente no están deformados (euhédrico) y denotan predominio de las variedades peraluminicas, caracterizando un dominio calco alcalino; tales como el Plutón de Coasa, San Gabán, Ayapata, y un grupo de pulsos menores en el Cenozoico – Paleógeno/Mioceno ígneos e hipabisales menores que se presentan como stocks, diques, tales como el Plutón Ollachea, Surapata, Ninahuisa, Santa Ana y los Subvolcánicos Cayo Orjo, Jatuncarcuyo, Lloquena, Anta.

Todos se orientan estructuralmente de noroeste-sureste NO–SE y están asociados a los fallamientos inversos intra continentales; dentro de las unidades intrusivas tenemos:

Plutones Antiguos

a) Granodiorita (PT-gd) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico/ Triásico)



Roca de textura fanerítica, constituida principalmente por cuarzo, plagioclasas, biotitas (Granodiorita). Intruye a los grupos Cabanillas, Ambo, Tarma al noreste N-E del poblado Crucero en un diámetro de 15km.

b) Granito (PT-gr) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico/Triásico)

litología intrusiva de textura fanerítica, equigranular de grano medio, compuesto de cuarzo, feldespato potásico y en menor proporción la presencia de plagioclasa. Intruye al Mitu sedimentario a 15km al norte del poblado de Macusani, en el cerro Chambine.

c) Microgranodiorita (PT-mgd) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico Triásico)

Roca de textura fanerítica, equigranular de grano fino a medio, constituida principalmente por plagioclasas, biotitas y cuarzo. Intruye a la Formación Sandia en los cerros Jolpajaja y Padre Orjo al NO del poblado de Corani.

Plutón Coasa

Catalogado con una edad entre 237 a 260 M. a. del Triásico, aflora en la parte central de las provincias de Carabaya y Sandia. Se compone por rocas de composición ácida a intermedia, con facies de granito a sienita. Sus contactos están bien expuestos, siempre cortando a las formaciones paleozoicas tal como se presenta en el cerro Charansuja. En la ruta de Coasa a Upina (Boletín 90-A. INGEMMET, 1997).



d) Granito/Granodiorita (PT-co/gr-gd) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico)

Constituidas principalmente por granitos y granodioritas; estas se encuentran intruyendo a la formación Sandia y Ananea en los cerros Charansuja, Maychaloma, Jatunloma, etc. Mediante el recorrido de.

e) Diorita (PT-co-di) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico)

Roca intrusiva de textura equigranular de grano fino, constituida principalmente por minerales máficos. Se encuentra intruyendo a la formación Sandia al noreste N-E de la localidad Ituata.

f) Monzogranito (PT-co-mgr) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico).

Roca de textura porfírica, con mega cristales (<4cm) de feldespato potásico y matriz de cuarzo, feldespato y biotita. Se encuentra intruyendo a la Formación Sandia en el poblado de Cucusani en el cerro Jajene.

g) Granito (PT-co/gr) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico)

Roca intrusiva, de textura fanerítica, equigranular, de grano medio a grueso, compuesto de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas. Se encuentra intruyendo a la formación Ananea en los cerros Tocpatira, Yanachoco, Llamayoc Orcco y a la formación Sandia en los cerros Tanitani, Huarihumaña, Yanachajo, Lahuandera, etc. Está aflorando como franja en dirección E-O al sur del poblado de Coasa.

Plutón Ayapata

h) Granodiorita (PT-ay/gd) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico).

Este plutón Ayapata granodiorítica se caracteriza por ser una roca intrusiva holocristalina, equigranular de grano medio a fino compuesto por cuarzo, plagioclasas y feldespato. Intruyendo al grupo Mitu sedimentario y la formación Sandia en el cerro Apacheta.

i) Granito (PT-ay/gr) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico),

Plutón Ayapata granítico es una roca intrusiva félsica de textura fanerítica, de grano medio a grueso, con eventuales fenocristales (<3cm) de cristales de feldespato potásico y matriz de cuarzo, plagioclasa y biotita. Intruyendo a la formación Sandia en la margen derecha de río Ayapata en el cerro Yanaloma y quebrada Toro Huayo, también intruye al Grupo San José en el Cerro Yanamayo en los alrededores de los poblados de Valencia, Winchumayo, Santa Teresa y en el cerro Infiernillo al este del poblado Arica de San Gabán.

Unidad San Gabán

La unidad litológica ígnea San Gaban, aflora en la provincia de Carabaya al oeste del distrito de Ayapata. Se trata de un cuerpo con una dirección noreste-suroeste NE-SO, compuesto por rocas graníticas y monzograníticas de textura granular gruesa, con mega cristales de ortosa, tiene una edad pérmico-triásico; aflora sobre la carretera de Ollachea a San Gabán, precisamente entre el puente Chinquini y Chacaneque todos los



afloramientos son agrestes, están cubiertos por vegetación, de allí que sus contactos no son muy visibles. Está afectado por diques graníticos con una dirección promedio N 60° E, intruye al paleozoico, desarrollando una amplia zona de metamorfismo de contacto, con aparición de gruesos cristales de andalucita hasta de 40 cm de longitud, asociadas con gruesas biotitas.

j) Monzogranito (PT-sg/mgr) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico)

La unidad monzogranito San Gaban es una tiene una textura porfirítica a equigranular de grano medio, con presencia de cristales de cuarzo de 3 a 7 mm y feldespato tabular de 4 a 15mm. Intruyendo a la formación Sandia en la margen derecha de la quebrada Concorchaca, formando los cerros Sapayhuarmi, Huayllapata, Ajonsaya, Sayarani, Ananta, Paco Cruz, en la margen derecha del río Chamayo.

k) Granito (PT-sg/gr) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico)

La unidad granito de San Gaban es un cuerpo ígneo melanocrata, con fenocristales de ortosa, plagioclasa y cuarzo. Forma el cerro Cochapata, margen derecha de la quebrada Tapuri y alrededor de la quebrada Tiuni.

l) Diorita (PT-sg/di) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico /Triásico)

La unidad diorita San Gaban, con una textura granular, se encuentra aflorando en zonas limítrofes entre los distritos de San Gaban y Ollachea en los poblados de Chacaneque, Tunquini, Casa Huiiri y formando el cerro Taquijaja. Intruyendo a las formaciones paleozoicas San José y Sandia, haciendo contacto litológico con el complejo Iscaybamba.



**m) Plutón Tocra (PT-sg/to-di) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico
/Triásico)**

El plutón Tocra de la unidad San Gaban contempla una diorita de textura granular, esta se encuentra aflorando al oeste del poblado de Ollachea y del poblado de Paccolla a 1km en la quebrada Yanacochoa.

**n) Granodiorita (PT-sg/gd) (Paleozoico-Mesozoico del Pérmico
/Triásico)**

La unidad San gaban granodiorita es un intrusivo holocristalino, leucocrático equigranular, con biotitas subhedrales en escamas. Aflora intruyendo a la formación Sandia y Ananea, muy cerca a la población de Ollachea, esta se encuentra formando el cerro Joro Piña al suroeste S-O del poblado de Huicuña.

Otros Plutones

**o) Plutón Pumachanca/granito (PT-pc/gr) (Mesozoico del
Pérmico/Triásico)**

La unidad plutónica Pumachanca es un cuerpo ígneo granítico de textura porfídica con fenocristales (<3cm) de feldespato potásico y matriz de cuarzo, feldespato y biotita. El plutón de Pumachanca corta y/o intruye a las formaciones Sandia e Iscaybamba, además sus características mineralógicas y texturales se asemejan bastante a las intrusiones de San Gabán y Coasa, por lo que se le ubica en el permo-triásico.



p) Pulton Ollachea - Sienita (Jim-o/sie) (Mesozoico-Jurásico inferior/medio)

Roca de textura granular, compuesto de alto contenido de feldespato potásico, plagioclasa, la roca es de coloración pardo rojiza. Intruyendo al grupo Mitu sedimentario, formación Sandia, margen izquierda del río Ollachea formando los cerros Chullo, Marca.

q) Monzogranito (P-mz) (Cenozoico – Paleógeno)

Es un intrusivo de textura porfírica, con mega cristales (<4cms) de feldespato potásico y matriz de cuarzo, feldespato y biotita. Formando el cerro Mamajota a 600m al oeste del poblado Chalhuani.

r) Granodiorita (PN-gd) (Cenozoico – Paleógeno/Neógeno)

Rocas félsicas de texturas fanerítica, equigranular, de grano medio, compuesto de cuarzo, feldespatos y alto contenido de plagioclasas y cristales dispersos de biotitas. Aflora a 300m al Norte del poblado de Chillacori, margen derecha de la quebrada Sanlapo.

s) Dacita (PN-da) (Cenozoico – Paleógeno/Neógeno)

Roca de textura porfirítica, de color gris verdosa, compuesto por cristales de plagioclasas alineados y matriz afanítica. Aflora en la margen derecha del río Ollachea a 1.2 km del poblado de Chillacori.

t) Riolita (N-ri) (Cenozoico – Neógeno)

Se trata de una roca volcánica compuesta con ortosa, plagioclasa y cuarzo. Intruyendo al Grupo Tarma en la zona del cerro Carparata en el poblado de Acora.



u) Intrusivo Cenozoico (Nm-mgr) (Cenozoico – Neógeno)

Esta es una de las más recientes actividades ígneas, se trata de un monzogranito intruyendo al grupo Ambo y la formación Ananea a 1.7 km al NO del poblado de San Francisco.

Sub-Volcánicos

v) Sub Volcánico Cayo Orjo (Nm-co/ri) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)

Presenta fenocristales de cuarzo, feldespato potásico que van acompañados con plagioclasa en algunos casos con minerales accesorios; se tienen biotitas rellenas intersticios entre el cuarzo y feldespato. Aflorando al cerro Cayo Orjo al Oeste del cerro Patacollpa.

w) Sub Volcánico Dacítico (Nm-da) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)

Compuesto por una dacita. Aflora en la margen izquierda del río Ninahuisa.

x) Sub Volcánico Jatuncarcuyo (Nm-ja/cdi) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)

Microcuarzodiorita de textura granular a equigranular color gris. Intruye a la formación Ananea en el poblado de Yanagaga formando el cerro Jatuncarcuyo.

y) Sub Volcánico Lloquesa (Nm-llo/ri) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)



Presenta fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasa en menor proporción, entre los minerales accesorios se encuentran las biotitas que se alteran a clorita. Aflora al sureste S-E del poblado Pucacancha a 500 m.

z) Sub Volcánico La Huaña (Nm-hua/ri) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)

Textura porfirítica, presenta fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasa, muestra anfibolitas y biotitas parcialmente alteradas a cloritas. Aflora al Oeste del poblado La Huaña a 2.4 km.

aa) Sub Volcánico Anta (Nm-an/ri) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)

Textura porfirítica, presenta fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasa, muestra mineral de alteración incipiente de cloritización, producto de los minerales ferromagnesianos. Aflora en el cerro Huilacunca a la margen derecha de la quebrada Sayamaco.

Plutones Recientes

bb) Plutón Ninahuisa (Nm-ni/ri) (Cenozoico – Neógeno-Miocena)

Plutón de composición Granítica, textura porfirítica color gris blanquecino, presenta fenocristales de cuarzo (ojo de tigre), feldespatos potásico y esporádicamente plagioclasas, como accesorios biotita y cloritas, dispuestos en una matriz micro o criptocristalino compuesto de cuarzo y feldespatos potásico. Intruye al Miembro Chacaconiza de la formación Quenamari en los cerros Colquetauca, Juyurumin circundante al poblado de Chucaquilla.



**cc) Intrusivo Santa Ana (Nm-sa/md) (Cenozoico – Neógeno-
Miocena)**

Es una roca magmática compuesta por una microdiorita que intruye al Grupo Ambo y al Grupo Tarma, en el cerro Yana Orjo al Norte del poblado Jotacacha.

En definitiva, se han caracterizado 70 unidades geológicas sedimentarias metamórficas e ígneas, siendo las formaciones Chambira, Sandía y el grupo san José de mayor extensión (**Ver figura 14**); por otro lado, notamos desarrollo de cuerpos ígneos en zonas la mayor altitud y en las de menor altura estructuras sedimentarias según secciones geológicas de perfil longitudinal oeste A' – A, y otro perfil longitudinal B'-B (**Ver figura 13**). Finalmente, todas estas setenta 70 unidades geológicas se han cartografiado a escala 1/50000 y se muestran en el anexo (**VER ANEXO 01**).

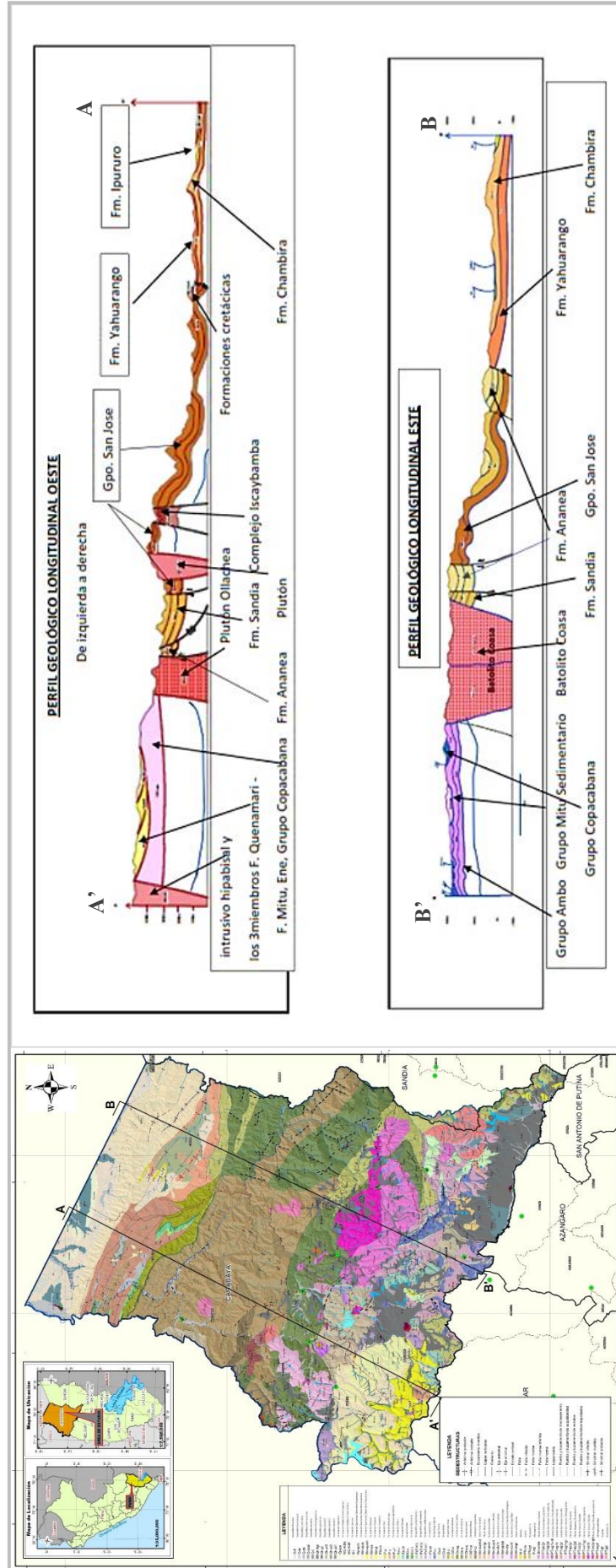


Figura 13. Perfil geológico longitudinal A-A' y B-B'

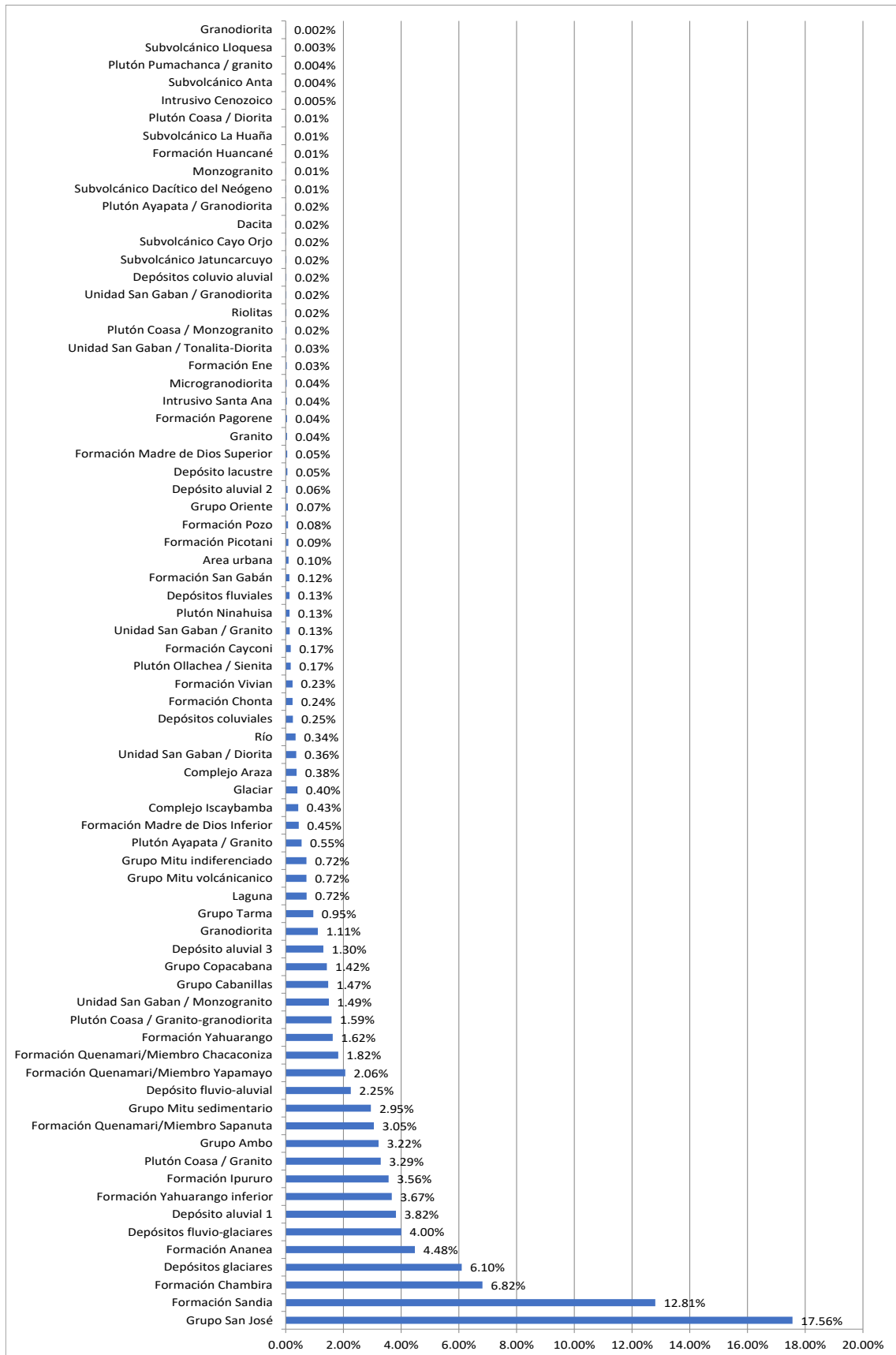


Figura 14. Distribución porcentual de las unidades litológicas

4.2.4. Geología Estructural

La Provincia de Carabaya se divide en tres grandes dominios geoestructurales (cordillera oriental, faja sub andina y llanura amazónica), diferenciados por fallas regionales inversas de dirección noroeste-sureste NO-SE. (**Figura 15**), (**para mayor detalle del mapa ver ANEXO 21**). En la cordillera oriental debido a las intrusiones propiciaron el levantamiento de esta cordillera, generando fallamientos, fracturamiento y plegamiento con orientaciones norte-sur N-S y este-oeste E-O; y en el sector suroeste SO las rocas han sido alteradas por la última fase tectónica con las intrusiones, originando fallas en dirección noroeste N-O y norte-sur N-S. Así mismo en el dominio estructural subandino está afectado por sistema de fallas inversas y plegamientos (anticlinales y sinclinales) de dirección noroeste-sureste NO-SE

En la **Figura 13** se pueden apreciar dos perfiles longitudinales que muestran la evolución estructural y estratigráfica regional del área, en el perfil A-A' se aprecia al suroeste S-O a la formación Quenamari aflorando en superficie y sobreyase al basamento paleozoico mesozoico asociado a los yacimientos de estaño y cobre en intrusivos ácidos (Mina San Rafael). Hacia el noreste N-E se encuentra el intrusivo de Ollachea que intruye las capas paleozoicas y mesozoicas asociadas a la mineralización de oro y al noroeste N-O están las formaciones Sandia e Iscaybamba afectadas por fallas inversas que las ponen en contacto con el grupo San José, formación Yahuarango, Chambira e Ipururo del cenozoico.

En el Perfil B-B' (**figura 13**) que va de sur a norte tenemos, en el extremo sur afloran las rocas del paleozoico mesozoico que han sido intruidas por el plutón Coasa que levanta y pliega las formaciones preexistentes,

originando fallas inversas y plegamientos de dirección NO-SE; hacia el norte se tiene las formaciones Sandia, Ananea y el grupo San José en contacto mediante fallas inversas con las Formaciones Yahuarango y Chambira.

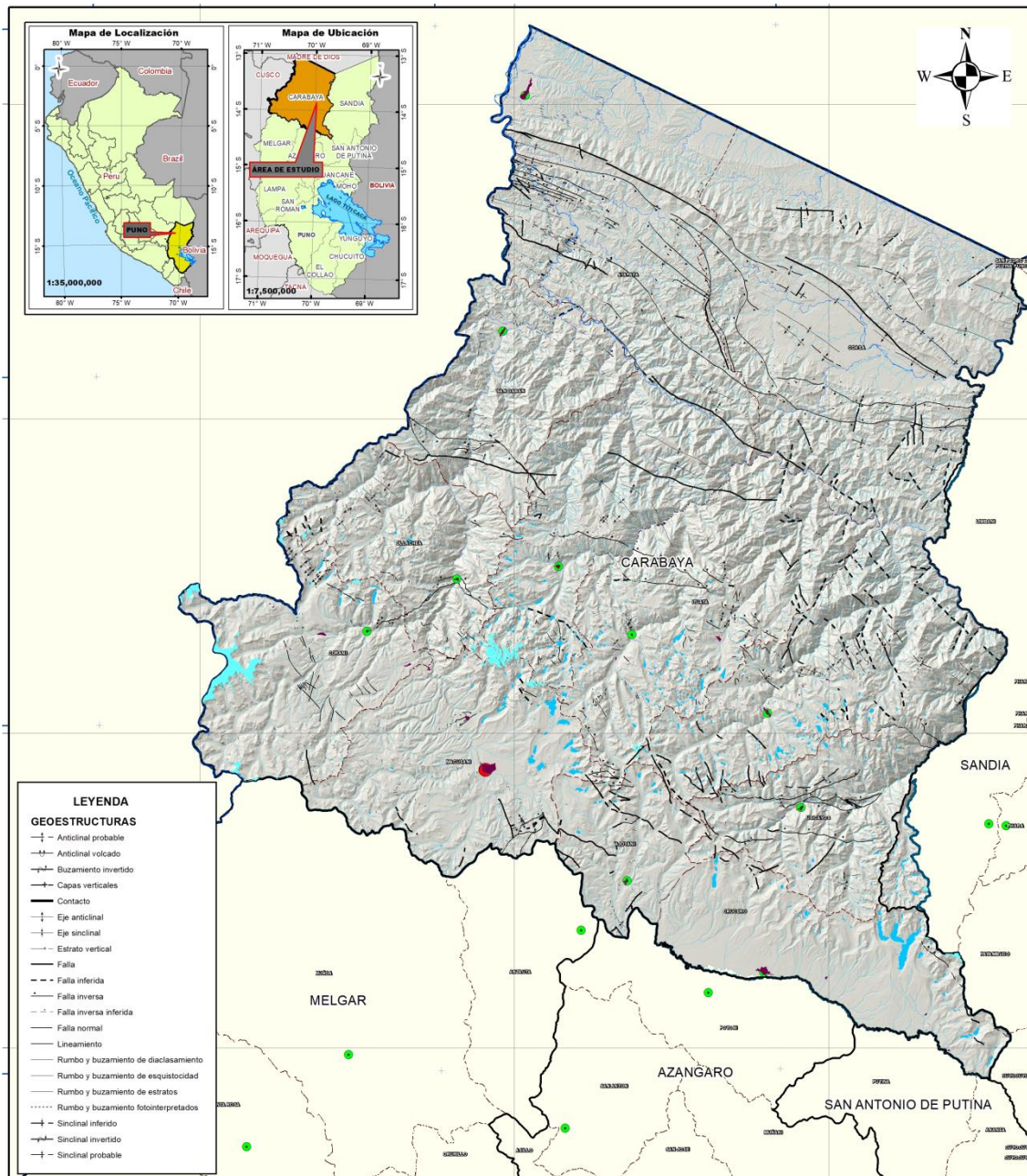


Figura 15. Mapa de estructuras geológicas
Nota. Elaboración con base a INGEMMET y MINAM+CAF



4.3. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

La provincia de Carabaya se emplaza sobre los Andes, en el sector sur oriental del territorio peruano. Desde el punto de vista de la estructuración morfotectónica andina, este sector forma parte de los andes centrales, caracterizados por la presencia de dos cordilleras, la occidental y la oriental, y una estructura intermedia cuya porción más conspicua es el altiplano, que se extiende desde el sur del Perú hasta el norte de Argentina. La provincia de Carabaya se encuentra principalmente sobre la cordillera oriental, aunque su zona central forma parte del norte del altiplano, y su borde occidental se halla en la cordillera occidental. Su extremo septentrional tampoco es cordillerano, pues forma parte de la faja subandina, unidad estructural transicional entre los relieves andinos y los amazónicos.

4.3.1. Morfogénesis de la provincia de Carabaya

4.3.1.1. Morfotectónica regional

La provincia de Carabaya se extiende sobre tres grandes unidades morfotectónicas o morfoestructurales (**Figura 16**): el altiplano, la cordillera oriental y la faja subandina (Rodríguez R., et.al. 2010), las cuales, de sur a norte, se emplazan a modo de bandas paralelas orientadas en dirección ESE – ONO.



Figura 16. *Unidades morfoestructurales de la Provincia de Carabaya.*
Nota. Modificado de INGEMMET



Figura 17. *Esta foto muestra la unidad morfoestructural Altiplano*
Nota: Esta unidad ocupa el extremo sur de la provincia de Carabaya. El rasgo más conspicuo del altiplano en Carabaya es la planicie de Crucero, estas zonas se identifican en el mapa geomorfológico agrupados en dos unidades geomorfológicas denominadas Altiplanicies llanas y onduladas, inclinadas a disectadas de la zona fría altoandina.

En la provincia de Carabaya en el altiplano conforma una faja que ocupa el extremo meridional, de este a oeste, con distintos relieves: una meseta volcánica al oeste “la meseta de Corani” (Laubacher G. et-al. 1988), dos depresiones ocupadas por superficies de erosión (pedimentos o glacis), en las planicies de Macusani y Crucero (**Figura 17**); un conjunto de montañocolinoso de moderada altura, que separan estas dos planicies, denominadas

Sierras de Ajoyani, y un conjunto de colinas volcánicas al este (Colinas de Huacchani).



Figura 18. *Unidad morfoestructural Cordillera Oriental*

Nota. La unidad morfoestructural cordillera oriental es de naturaleza montañosa, sus zonas más elevadas están ubicadas sobre los 3700 msnm y han sido afectadas por la acción glaciaria cuaternaria. En el mapa geomorfológico, estas montañas están agrupadas en cuatro unidades geomorfológicas, denominadas: Laderas montañosas ligeramente empinadas, moderadamente empinadas, empinadas a escarpadas y grandes laderas montañosas empinadas a escarpadas, ubicadas en todo el flanco de la cordillera oriental, que se distribuyen en la zona fría altoandina, la zona media andina y en la zona de selva alta y piedemonte amazónico.

La faja subandina (**Figura 19**) ocupa el tercio más septentrional de la provincia. Se trata de una zona de plegamiento tardío que afectó materiales sedimentarios paleozoicos y mesozoicos, estos últimos desarrollados en la plataforma sedimentaria amazónica. morfológicamente esta faja se caracteriza por el predominio de los relieves colinosos y por el carácter menos agreste de los relieves, que incluyen sectores bajos e incluso llanos, como es el caso de la planicie de Candamo.



Figura 19. *Unidad morfoestructural Faja Subandina*

Nota. Esta unidad está compuesta por colinas, montañas y depresiones estructurales, resultado del plegamiento andino periférico. En el Mapa Geomorfológico, estas colinas, montañas y depresiones, están agrupadas en seis unidades geomorfológicas.

4.3.1.2. Morfogénesis cuaternaria

Durante el cuaternario, en la provincia de Carabaya se desarrolla los aspectos morfológicos que constituyen la geografía actual. La influencia de las pasadas glaciaciones es decisiva en la configuración morfológica actual de Carabaya, así como en toda la región andina. La zona fría altoandina, casi íntegramente modelada por los hielos cuaternarios y el resto de la provincia (zona media andina y selva alta y piedemonte amazónico) fueron indirectamente influidas en menor o mayor medida según los lugares. Ciertamente, los tipos, estilos e intensidades de las influencias glaciares varían en detalle para cada lugar y el mapa geomorfológico refleja esas muy variadas y complejas manifestaciones; observándose, lagunas y humedales altoandinos, espontáneamente encerrados por arcos morrénicos, en fondos de valle llanos o ligeramente inclinados de origen glacial, que se presentan de manera discontinua bajo las cumbres, donde cada discontinuidad refleja la presencia de umbrales rocosos resistentes que no pudieron ser excavados por los hielos. Evidentemente cada geoforma tiene sus particularidades zonales,



cuya definición requiere de estudios más detallados y con mayor observación de campo.

4.3.1.3. Morfogénesis del holoceno y tiempo actual

Al concluir la última glaciación y empezar a retirarse rápidamente los hielos a las partes más altas, hace unos 10,000 años, sobrevinieron una serie de variaciones las formas del relieve quedando como actualmente lo vemos. Sin embargo, el holoceno, aun siendo breve, tampoco ha sido homogéneo, sino que ha tenido fluctuaciones más o menos significativas, registrándose el máximo del calentamiento post glaciación aproximadamente a mediados del holoceno. En las últimas décadas los glaciares experimentan un retroceso notable. La pérdida de glaciares ha tomado consecuencias morfológicas de este reciente recalentamiento todavía son poco perceptibles, aunque se traducen en deterioros locales en las laderas por escorrentía que al incrementar las acciones torrenciales generan movimientos en masa.

4.3.2. Gran Ambiente morfoestructural

En la geomorfología de la provincia de Carabaya, se reconocen tres grandes ambientes morfoestructurales como **planicies, colinas, y montañas**.

4.3.2.1. Planicies

El concepto de planicies, como muchos otros en geomorfología, es bastante amplio y de entendimiento algo relativo. En el diccionario geomorfológico del Instituto de Geografía -UNAM, la planicie se define como *“porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación”* (IGEO-UNAM. 2011. p.320).

En este estudio, el concepto de planicie se establece para terrenos de relieve llano, sean estos de muy pocos accidentes y pendiente poco perceptible, hasta terrenos mayoritariamente llanos, pero con pendientes claramente sensibles, que incluyen accidentes topográficos, como elevaciones o depresiones menores dispersas (que no superan 6 – 8 m de altura o profundidad), que en algunos casos llegan a tener inclinaciones de hasta 15% y que por encima de este valor ya no se considera terrenos llanos, sino terrenos de topografía accidentada, sean colinas o montañas, cuya superficie más o menos inclinada, reciben los nombres genéricos (aceptados internacionalmente) de laderas o vertientes.



Figura 20. Altiplanicie de Crucero

Nota. Esta altiplanicie está ubicada en la Cordillera de Carabaya (E 372913 N 8417152) ocupando una depresión tectónica. Presenta una ligera inclinación hacia el sur y está conformado sobre depósitos fluvioglaciares de tipo glacis.

4.3.2.2. Colinas

Para estas geoformas de nivel macro, la definición dada en el diccionario geomorfológico del Instituto de Geografía-UNAM se entiende a las colinas como: “*elevación pequeña, nivelada, con laderas suaves, alargada, con una base fácil de delimitar y altura relativa menor de 150 – 200*” (IGEO-UNAM. 2011. p.80); otros autores consideran hasta 300 m. Para el caso de la zona altoandina de Carabaya, en el estudio, las colinas se

subdividen únicamente por el valor de sus pendientes, mientras que, en el sector selvático, se subdividen tanto por sus pendientes, como por la altura de sus elevaciones (colinas altas y bajas).

4.3.2.3. Montañas

Para las montañas, la definición usualmente se emplea internacionalmente para referirse al término de montaña baja como: *“Tipo de relieve montañoso en el que son características las laderas empinadas, con frecuencia abruptas, con desarrollo de procesos gravitacionales, cortadas verticalmente por valles profundos, separados por divisorias agudas. En ellas se presenta un gran contraste de alturas, numerosos escarpes tectónicos y, en general, una intensa erosión profunda”* (IGEO-UNAM. 2011. p.272).



Figura 21. Montañas de la Cordillera Oriental

Nota. Las montañas son las formas predominantes en la provincia de Carabaya (E393006 N 8436948), conforman principalmente la cordillera oriental, aunque también aparecen en el altiplano y en la faja subandina. En la imagen, se pueden observar las montañas que flanquean los valles intermedios de la cordillera oriental, cerca al centro poblado de Sajoyani.

Las montañas son los relieves accidentados por excelencia y, bajo esta denominación se tiene una noción de un relieve elevado, accidentado y de



pendientes muy pronunciadas, donde son frecuentes las acciones erosivas, varias de ellas, de considerable riesgo; Aunque esto no siempre es así, en general se puede asumir como válido este concepto implícito.

4.3.3. Unidades Geomorfológicas

En el área de investigación se han identificado las tres grandes morfoestructuras de planicie, colinas y montañas; además de ello cada morfoestructura posee unidades geomorfológicas sumando un total de 20 unidades de geoformas adicional a esto no se descartan las unidades de cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, nevados) y áreas urbanas.

4.3.3.1. Unidades Geomorfológicas de Planicies

En esta categoría se describe los relieves llanos, constituidos por terrenos de pendientes leves, menores de 15%, mayoritariamente estables, de pocas acciones erosivas salvo sectores puntuales, y generalmente con las mejores aptitudes para la mayoría de actividades socioeconómicas.

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas consideradas dentro del gran ambiente geomorfológico de planicies.

a) Altiplanicies llanas (A-LI)

Las altiplanicies llanas son denominadas así porque presentan escasas irregularidades topográficas, con pendientes dominantes de 0 a 2%, llegando a 4%. Su origen está ligado al retoque de antiguas acumulaciones de glaciares de piedemonte por las esorrentías subsiguientes a la última glaciación, en zonas protegidas por la vegetación herbácea de altitud. También corresponden a depósitos lacustres que tienen una marcada horizontalidad

topográfica. Las altiplanicies llanas cubren 2 757.91 ha que representan el 0.22% de la superficie provincial.



Figura 22. *Altiplanicie conformada sobre depósitos de material fluvio-glaciar.*

Nota. Esta altiplanicie que se extiende sobre la depresión tectónica de Crucero (E 372913 N 8417152). Está conformada sobre depósitos de material fluvio-glaciar que conforman glaciares o pedimentos de topografía llana a ligeramente inclinada. La pendiente es muy llana y regular, de 0 a 4%, casi sin accidentes topográficos apreciables. Al fondo de la fotografía se observan las elevaciones de la Cordillera de Carabaya.

b) Altiplanicies onduladas, inclinadas a disectadas (Ao-id)

Las altiplanicies onduladas, inclinadas a disectadas, también son zonas mayoritariamente estables, pero presentan acciones erosivas significativas (pequeñas cárcavas, soliflucción y pequeños deslizamientos en los bordes de disecciones o en las ondulaciones mayores, sobre todo en zonas por encima de 4,600 msnm, donde por la rigurosidad de los congelamientos nocturnos, los procesos periglaciares actuales se hacen claramente activos, provocando acciones erosivas por escorrentía y leves movimientos en masa, sobre estas altitudes donde ya la vegetación es muy escasa. Las altiplanicies onduladas, inclinadas a disectadas cubren 45041.70 ha que representan el 3.63% de la superficie provincial.



Figura 23. *Planicie compleja, con lomadas y ondulaciones en la depresión tectónica de Macusani.*

Nota. Esta planicie se ubica al sur de la cordillera de Carabaya (E 355277 N 8434921). Presenta una topografía compleja, con lomadas y ondulaciones, aunque predominan los relieves planos a ligeramente inclinados. Al fondo, lado izquierdo, el glaciar de Quelccaya.

c) Fondos de valles cuaternarios inclinados (Fvc-i)

En la provincia de Carabaya hay una elevada presencia de estos elementos morfológicos, cuya ubicación y dispersión se muestra en el mapa geomorfológico. Los valles fluviales con inclinación tienen una importante proporción de accidentes, como conos deyectivos, taludes de terraza y acumulaciones coluviales laterales, que en conjunto le dan una pendiente de 4 a 15%. Los fondos de valles fluviales inclinados, son también estables, pero presentan acciones erosivas puntuales con mayor frecuencia, relacionados sobre todo a la llegada de conos deyectivos activos, que modifican la carga de los ríos, haciéndolos más erosivos en esos sectores. En el área de estudio los fondos de valles fluviales inclinados cubren 84478.74 ha que representan el 6.82% de la superficie provincial.



Figura 24. Valle del Río Inambari, a la altura del poblado de Oroya.

Nota. Este valle está ubicado aguas abajo de la desembocadura del río San Gabán (E 356612 N 8518656). Las terrazas que flanquean el río presentan dos tipos de inclinación: uno, en el sentido del río, de pendientes inferiores a 2% y otra, en sentido perpendicular al río, donde las pendientes con frecuencia superan 4%, debido a la presencia de coberturas coluviales y otros accidentes.

d) Fondos de valles cuaternarios llanos (Fvc-LI)

Son aquellos valles de escasas irregularidades topográficas. La horizontalidad se debe principalmente al retoque de los sedimentos, por los arroyos de las fases subsiguientes. De igual manera para los valles fluviales en zonas llanas que son básicamente terrazas fluviales de menos de 4% de pendiente y con escasos accidentes topográficos internos. Los fondos de valles fluviales llanos son muy estables, y no tienen acciones erosivas significativas, salvo el caso de los bordes ribereños atacados por las corrientes en erosión lateral de sus bordes. Estos fondos de valle cuaternario llanos cubren 14150.04 ha que representan el 1.14% de la superficie provincial.



Figura 25. Valle glaciar emplazado en el curso alto del río Ninahuisa.

Nota. Este valle glaciar presenta una superficie inclinada en la dirección del río y está ocupado en gran parte por un bofedal. Se puede apreciar la morfología en “U”, que denota la actividad de antiguas masas de hielo que descendieron por la artesa, modelándola con la típica forma de la erosión glaciar. Los flancos del valle están conformados por laderas rocosas, casi verticales, entalladas en material volcánico. El medio morfológico es muy estable, casi sin acciones erosivas apreciables. (E 353551 N 8438910).

e) Planicie de terraza aluvial disectada (Pta-d)

Estas pendientes tienen pendientes muy suaves, de 0 a 4%, con predominio del rango de 0 a 2%, y que además son superficies bastante regulares, con accidentes topográficos frecuentes pero pequeños, debidos a leves disecciones y cortes producidos por la migración de las crecientes y la fuerza de las lluvias que crean fuertes esorrentías. Las planicies aluviales llanas cubren 37123.22 ha que representan el 3.0% de la superficie provincial.

f) Planicie aluvial inclinada (Pa-i)

Tienen accidentes más frecuentes, debidos a disecciones de cursos de agua, que vienen de la montaña o que incluso nacen en estas propias planicies; también se tienen taludes de terrazas, puesto que hay varios niveles de acumulación, desde los más recientes a los más antiguos, cuyo origen está muy relacionado a los cambios climáticos cuaternarios. Los materiales que acumulan son claramente redondeados de bancos y lentes aluviales de

bloques, grava, arena, limo y arcilla. Las planicies aluviales inclinadas cubren 10228.36 ha que representan el 0.83% de la superficie provincial.



Figura 26. Planicie inclinada cerca de Mazuco.

Nota. En la faja subandina los valles fluviales se amplían debido a la presencia de depresiones estructurales dando lugar a planicies extensas, estas planicies presentan inclinaciones en dirección de los principales cursos fluviales que las rodean. (E 351205 N 8551520)

4.3.3.2. Unidades Geomorfológicas de Colinas

Esta categoría aglutina de un lado, relieves del frente oriental de la faja subandina: Los primeros son esencialmente colinas, de las que se diferencian principalmente porque en este caso están íntegramente cubiertas por el denso bosque amazónico de altitud. Las colinas de la faja subandina de cordillera se extienden desde aproximadamente 3,000 a 3,500 m de altitud, descendiendo hasta 1,000 m e incluso 500 – 600 m, donde se contacta con los relieves de la llanura amazónica.

a) Colinas bajas ligeramente empinadas (Cb-le)

Son relieves de topografía poco accidentada, donde la pendiente dominante es de 15 a 25%. Siendo elevaciones pequeñas, y de bajas pendientes, la erosión actual es débil en la mayoría de casos, cuando no están severamente intervenidos ni deforestados. Cuando hay deforestación si se



observan cárcavas y abarrancamientos, que denotan un alto potencial erosivo en caso de deforestación. Las colinas bajas ligeramente empinadas de la zona de selva alta, abarcan una extensión aproximada de 31067.52 ha, que representan el 2.51% de la superficie provincial.

b) Colinas bajas moderadamente empinadas (Cb-me)

Son relieves propios de la faja subandina, que se encuentran en el contacto entre la Selva Alta y la Selva Baja, entre 350 y 700 msnm. Son relieves colinosos, cuya altura de elevaciones no excede 50 - 80 m medidos entre la cima y base de las elevaciones. Básicamente se encuentran en depresiones estructurales, rellenas por sedimentos terciarios, mayormente arenosos, de mediana compacidad, con intercalaciones de lutitas y arcillitas de baja compacidad. En algunos casos, estas colinas corresponden a antiguas acumulaciones aluviales que se disectaron posteriormente. La pendiente de estos terrenos fluctúa entre 25 a 50%.

Las colinas bajas moderadamente empinadas de la zona de selva alta abarcan una extensión aproximada de 1039.76 ha, que representan el 0.08% de la superficie provincial.



Figura 27. *Colinas altas y bajas subandinas moderadamente empinadas flanqueado el Valle del Río Inambari.*

Nota. Las colinas que bordean el Valle del Río Inambari están cubiertas de densa vegetación, tienen un fuerte control estructural con direcciones características de oeste a este. (E 349941 N 8543606)

c) Colinas altas moderadamente empinada (Ca-me)

Son también relieves de la Faja Subandina e igualmente colinosos como la unidad anterior, pero son sensiblemente más altos, habiendo elevaciones en promedio del orden de 200 m. La litología es similar a la descrita anteriormente, con predominancia de areniscas y lutitas. Asimismo, la pendiente es también de 25 a 50%. Las colinas altas moderadamente empinadas de la zona de selva alta, abarcan una extensión aproximada de 22687.70 ha, que representan el 1.83% de la superficie provincial.

d) Colinas altas empinadas (Ca-e)

Son también relieves de la faja subandina son sensiblemente más altos, habiendo elevaciones en promedio del orden de 200 m. En estas colinas la pendiente es mayor a 50%, por lo que se estima que la erosión potencial es definitivamente mayor. No obstante, al igual que sucede en la mayoría de relieves colinosos de la zona, cubiertos de bosques, las acciones erosivas actuales son reducidas, pero la erosión se hace rápidamente notoria, con el

desarrollo de surcos, pequeñas cárcavas y movimientos en masa leves. Las colinas altas empinadas de la zona de selva alta, abarcan una extensión aproximada de 521.82 ha, que representan el 0.04. % de la superficie provincial.

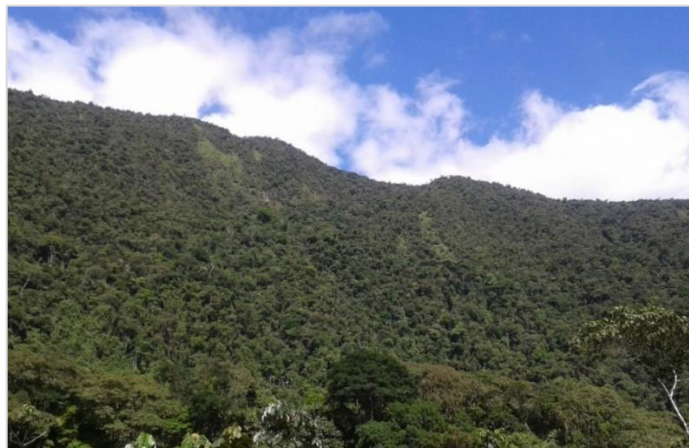


Figura 28. *Colinas altas con laderas de pendientes empinadas.*

Nota. Estas laderas de selva alta se presentan en las partes más bajas de los contrafuertes de la cordillera oriental, cerca de la transición con la faja subandina. Si bien están recubiertas de un denso bosque montano tropical, sus fuertes pendientes hacen que los deslizamientos sean frecuentes.

4.3.3.3. Unidades Geomorfológicas de Montañas

Las montañas si bien son elevaciones mayores a 200 – 250 m de altura, también es frecuente que, en la Cordillera Andina, las diferencias de altura entre cimas y bases sean del orden de 2,000 m, e incluso más; es decir, valores 10 veces superiores a la altura que se considera mínima para la calificación de montañas. Evidentemente, relieves de tal magnitud, sumados a sus pronunciadas pendientes, definen orografías fuertemente accidentadas y complejas, donde la energía y potencial erosivo es considerable. En el área de investigación las laderas montañosas altoandina, totalizan un estimado que representan el 41.8% de la superficie provincial. En la zona media andina de laderas montañosas y grandes laderas abarcan el 17.21% de la superficie

provincial; en la selva alta y piedemonte amazónico, que representan el 19.4% de la superficie provincial; finalmente, el total de relieves montañosos en conjunto representan el 78.41% de la superficie provincial, por tanto, estamos tratando una zona de estudios altamente montañoso y de complejos relieves morfológicos.

**a) Laderas montañosas altoandinas ligeramente empinadas (Lma-
le)**

Estas laderas tienen pendientes suaves (15 a 25% de rango predominante) y se han formado en rocas relativamente blandas, donde la erosión, ha podido excavar superficies topográficas de pendientes no muy pronunciadas. Luego estas superficies han sido rellenadas por la acumulación de morrenas, dando lugar a la suavización de las pendientes montañosas locales. Las laderas montañosas altoandinas ligeramente empinadas, abarcan una extensión aproximada de 150600.46 ha, que representan el 12.15% de la superficie provincial.

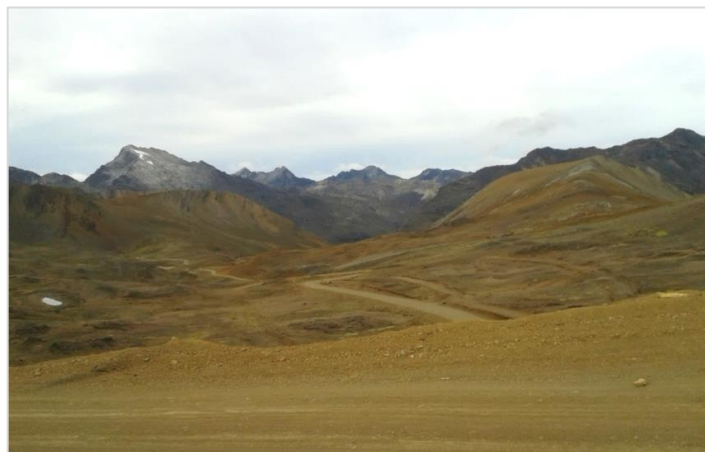


Figura 29. *Laderas montañosas inclinadas en las proximidades al abra de Achasiri.*
Nota. Estas laderas están situadas por encima de los 4500 msnm y están recubiertas por materiales periglaciares, que en las partes altas se perciben con tonos claros, sin vegetación.



b) Laderas montañosas altoandinas moderadamente empinadas

(Lma-me)

En esta unidad, las laderas montañosas tienen pendientes medianas (25 a 50% de rango predominante) y al igual que en las laderas ligeramente empinadas, se trata de sectores relativamente blandos de la montaña, donde la pasada erosión glaciaria excavó superficies que luego fueron rellenadas con morrenas. Las laderas montañosas altoandinas moderadamente empinadas, abarcan una extensión aproximada de 215878.33 ha, que representan el 17.42% de la superficie provincial.

c) Laderas montañosas altoandinas empinadas a escarpadas (Lma-ee)

ee)

Estas laderas montañosas tienen pendientes superiores a 50% de rango predominante, con numerosos escarpes subverticales, donde la erosión periglaciaria y pequeños movimientos en masa son frecuentes en las zonas altas, y en los taludes de material suelto proveniente de la gelifracción de los afloramientos rocosos. Las laderas montañosas altoandinas empinadas a escarpadas, abarcan una extensión aproximada de 150678.65 ha, que representan el 12.16% de la superficie provincial.



Figura 30. *Montaña situada en uno de los contrafuertes de la cordillera oriental.*

Nota. Esta montaña está situada a mitad de camino entre Tambillo e Ituata. Debido a que ha sido afectada por glaciario hasta tiempos relativamente recientes, las laderas aún conservan sus fuertes pendientes y tienen a su pie acumulaciones coluviales periglaciares y morrenas de la pasada glaciación, que ha formado un pequeño valle glaciar, ahora ocupado por la laguna.

d) Laderas montañosas medias ligeramente empinadas

(Lmm-le)

Son las zonas de laderas que tienen pendientes suaves (15 a 25% de rango predominante). Constituyen espacios reducidos entre las grandes montañas, y la relativa suavidad de su topografía corresponde por lo general a cimas convexas, fondos de valles rellenos en laderas montañosas. Estas laderas montañosas medias ligeramente empinadas, abarcan una extensión aproximada de 171.20 ha, que representan el 0.01% de la superficie provincial.

e) Laderas montañosas medias moderadamente empinadas

(Lmm-me)

Estas laderas tienen pendientes comprendidas entre 25 y 50% y en el conjunto de la montaña, son superficies más extendidas que las laderas ligeramente empinadas, con las cuales comparten factores de origen. Los



depósitos coluviales ubicados en la base de las laderas en contacto con los fondos de valle han generado acumulaciones ligeramente y moderadamente empinadas. El ángulo de acumulación y las estructuras plegadas favorecen topografías no muy accidentadas. Estas laderas montañosas medias moderadamente empinadas, abarcan una extensión aproximada de 11681.30 ha, que representan el 0.94% de la superficie provincial.

f) Laderas montañosas medias empinadas a escarpadas

(Lmm-ee)

Su morfología agreste se debe a la predominancia de formaciones rocosas compactas, las cuales pueden mantenerse por mucho tiempo en pendientes casi verticales, formadas por rocas duras, el componente litológico es muy variado; así, los esquistos, gneis y metavolcánicos de la Cordillera Oriental, presentan normalmente un relieve agreste. Algunos sectores compuestos por esquistos y pizarras forman sectores relativamente suaves y otras escarpadas. Las laderas montañosas medias empinadas a escarpadas abarcan una extensión aproximada de 34645.61 ha, que representan el 2.80% de la superficie provincial.



Figura 31. Valle del Río Macusani en las inmediaciones de Tantamaco.

Nota. En este sector del valle, los flancos montañosos presentan escarpes generalizados, conformados por material volcánico columnar, debido a que estos flancos corresponden a la base de la meseta volcánica de Corani. Los valles presentan paredes bastante estables, excepto en los materiales coluviales de perfil más tendido, como el que se observa en la fotografía.

g) Laderas montañosas de selva ligeramente empinadas (Lms-le)

En las zonas de montaña, coincidentes con sectores donde hubo mayores acumulaciones coluviales, se reconocen sectores, generalmente situados hacia los fondos de valle. Las pendientes son reducidas, de 15 a 25% de rango predominante. Bajo el bosque tropical las acciones erosivas actuales son muy reducidas, excepto en los sectores ribereños sujetos a la erosión lateral de los ríos. Las laderas montañosas de selva ligeramente empinadas abarcan una extensión aproximada de 84018.79 ha, que representan el 6.78% de la superficie provincial.

h) Laderas montañosas de selva moderadamente empinadas (Lms-me)

También coincidentes con las zonas de montaña donde hubo mayores acumulaciones coluviales, estas laderas se ubican en los sectores donde las pendientes no son tan pronunciadas. Tienen pendientes de 25 a 50% de rango



predominante y bajo el bosque tropical las acciones erosivas actuales son relativamente reducidas, aunque eventualmente ocurren pequeños movimientos en masa, deslizamientos producidos por las masas sueltas en pendientes medianas, bajo un clima fuertemente pluvial. Las laderas montañosas de selva moderadamente empinadas abarcan una extensión aproximada de 84644.05 ha, que representan el 6.83% de la superficie provincial.

i) Laderas montañosas de selva empinadas (Lms-e)

Son laderas de pendientes mayores de 50% de rango predominante, con frecuentes sectores escarpados rocosos. A diferencia de las laderas montañosas ligera y moderadamente empinadas, en estas laderas las acumulaciones coluviales no son dominantes, y si bien están presentes en numerosos sectores dispersos, lo que predomina son laderas de substrato rocoso y suelos mayormente superficiales., cubiertos en gran parte por el bosque tropical amazónico. Las laderas montañosas de selva empinadas abarcan una extensión aproximada de 71453.15 ha, que representan el 5.77% de la superficie provincial.

j) Grandes laderas montañosas empinadas a escarpadas (Glm-ee)

Estas laderas montañosas se ubican en la Selva Alta, en el descenso de la zona media de los andes al piedemonte amazónico. Su pendiente es muy pronunciada, mayor de 50% de rango predominante, con frecuentes sectores escarpados rocosos, pero además de esta característica, el relieve presenta una magnitud muy elevada, con laderas que tienen desniveles superiores a 1,500 m medidos directamente de la cima a la base de las elevaciones. Las grandes

laderas montañosas de selva empinadas a escarpadas abarcan una extensión aproximada de 167105.21 ha, que representan el 13.48% de la superficie provincial.



Figura 32. Valle intermedio del Río San Gabán.

Nota. Este valle se encuentra flanqueado por las montañas de la Cordillera Oriental. (E 348093 N 8513857). Los contrafuertes de esta cordillera que descienden en dirección norte hacia la faja subandina y presentan por lo general topografías montañosas abruptas, con frecuente presencia de escarpes. Nótese el elevado desnivel de las grandes laderas montañosas, que en su parte alta superan 3,500 msnm, con una base cercana a los 2,000 msnm.

4.3.3.4. Unidades Comunes

a) Actividad antrópica (A-a)

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos centros poblados, que configuran un tejido urbano continuo y discontinuo. Las áreas urbanas más grandes de la provincia de Carabaya son: Macusani (282.73 ha.), Crucero (163.38 ha.), Coasa (61.46 ha), siendo estas las más principales. El total de áreas urbanas son más de 15 que conforman aproximadamente el 0.097% del territorio de la provincia de Carabaya.



Figura 33. *Actividad Antrópica de tejidos urbanos.*

Nota. (a) Tejido urbano de la ciudad de Macusani (Fuente: Google). (b) Tejido urbano continuo del distrito de Coasa. (c) Tejido urbano continuo del distrito de Ituata (Tambillo). (d) Área urbana en formación y crecimiento debido a la actividad minera que se tendrá en Corani-Centro Poblado de Quelccaya. (e) Tejido urbano discontinuo - Centro Poblado de Uchuhuma.

b) Río (Río)

Cubre una superficie aproximada de 4199.17 ha., que equivale 0.34 % del área total evaluada. La provincia Carabaya presenta un relieve cortado por quebradas y ríos, estos ríos de la cuenca del Inambari están limitadas por altas cadenas de cerros donde las cumbres presentan zonas glaciales que a partir de ellas se forman ríos, asimismo al pie y valles de las montañas cuando la morfología se hace menos accidentada se ubican algunas lagunas principalmente en el área de sierra.



Figura 34. Fotografía del río Ollachea ubicado en el distrito del mismo nombre.

Tabla 13

Características hidrográficas de ríos en el área de estudio

Sub-cuenca	Distritos	Descripción
Río San Gabán	Ollachea, Macusani, Corani y San Gabán	El principal componente de ésta sub cuenca es el río San Gabán, el mismo que tiene su origen en la Cordillera de Carabaya; cuando se forman los ríos Corani y Macusani que al unirse forman el río Ollachea que luego de un corto recorrido toma el nombre de San Gabán. El afluente más importante de este es el río Chimayo, originándose en las cordilleras localizadas en la comunidad de Azaroma, desembocando en el río San Gabán en el lugar que coincide con el límite distrital Ollachea-San Gabán. Dentro de esta sub cuenca, existen otras fuentes hídricas que son las lagunas formadas a partir de aguas de origen glacial y proveniente de las descargas de las precipitaciones pluviales, cuyas características específicas se desconocen, localizadas principalmente en la parte alta de la provincia.
Alto Inambari	Ayapata, Ituata y parte de San Gabán	Esta sub cuenca se origina en el límite con el distrito Ituata en el lugar denominado Esquilaya, el que continúa aguas abajo hasta el lugar denominado Boca del Inambari, El afluente más importante es el río Esquilaya, localizado en el lugar del mismo nombre, existen muchos afluentes.
Bajo Inambari	San Gabán, y está limitando por el Este con el distrito Ituata, por el Sur con la Sub Cuenca del Alto Inambari y San Gabán, por el Oeste con la provincia Quispicanchis (Cusco) y por el Norte con el distrito Inambari (Madre de Dios).	El curso hídrico principal de está sub cuenca lleva el mismo nombre el que tiene su origen en la unión del río Inambari y el río San Gabán (Boca del Inambari) llegando hasta el límite con el distrito Inambari.

Nota. Tomado del diagnóstico y zonificación de la provincia Carabaya – Gobierno Regional de Puno (2011).

c) Lagunas (Lg)

Dentro del ámbito provincial se presentan algunas lagunas con regular capacidad de agua, descritas en la **Tabla 14**.



Tabla 14
Principales lagunas de Carabaya

N°	Laguna
1	Chungara
2	Condoriquiña
3	Panchuita
4	Qquellera
5	Taype
6	Jatungaga
7	Perhuacarca
8	Curucococha
9	Ajoyaccota
10	Tocca
11	Saracocha
12	Susuya
13	Tocllayoc
14	Etere
15	Caycopunco
16	Lluchucococha

Nota. Con base a estudio de meso zonificación ecológica-económica del corredor interoceánico sur.

Cubren una superficie aproximada de 8984.80 ha., equivalente al 0.72% del área total evaluada. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.



Figura 35. *Lagunas o cuerpos de agua.*
Nota. (a) Lagunas camino hacia el distrito de Coasa. (b) Lagunas de Ticyacochoa. (c) Laguna ubicada en el distrito de Usicayos.

d) Nevado (Nv)

Es una gruesa masa de hielo que se origina en la superficie terrestre por acumulación, compactación y recristalización de la nieve, mostrando evidencias de flujo en el pasado o en la actualidad. Esta unidad tiene una extensión de 5005.41Ha que representa el 0.40% del ámbito de intervención estos glaciares se encuentran en las partes altas de los distritos de Crucero, Ajoyani, Usicayos, Ituata, Macusani, Corani y Ollachea

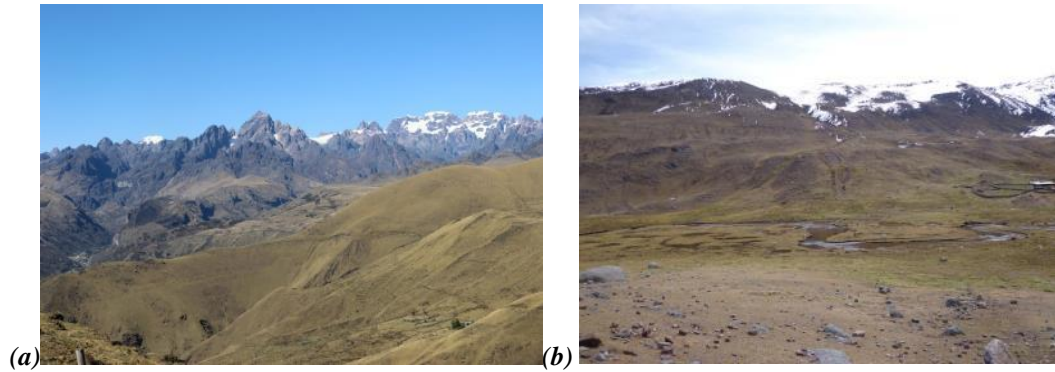


Figura 36. Nevados en las partes altas de Carabaya
Nota. (a) Glaciar Allincapac – Macusani. (b) Glaciares en el distrito de Corani.

Finalmente como resultado de las unidades geomorfológicas, en resumen podemos conocer que las unidades de geoformas con mayor dominio en área son las laderas de montañas altoandinas moderadamente empinadas con 17.4% de extensión seguido de la unidad geomórfica de grandes laderas montañosas empinadas a escarpadas con 13.5% (**ver figura 37**), de esta manera comprendemos que las geoformas de mayor dominio están dadas por laderas de montañas y en menor proporción de extensión están las colinas seguidas de los fondos de valles y finalmente las planicies; de esta manera nuestro área de estudio presente serios accidentes geográficos que condicionan los riesgos por movimientos en masa en gran medida. Finalmente, se han identificado y cartografiado a escala 1/50000 veinte 20 unidades geomorfológicas y se muestran en el anexo (**VER ANEXO 02**).

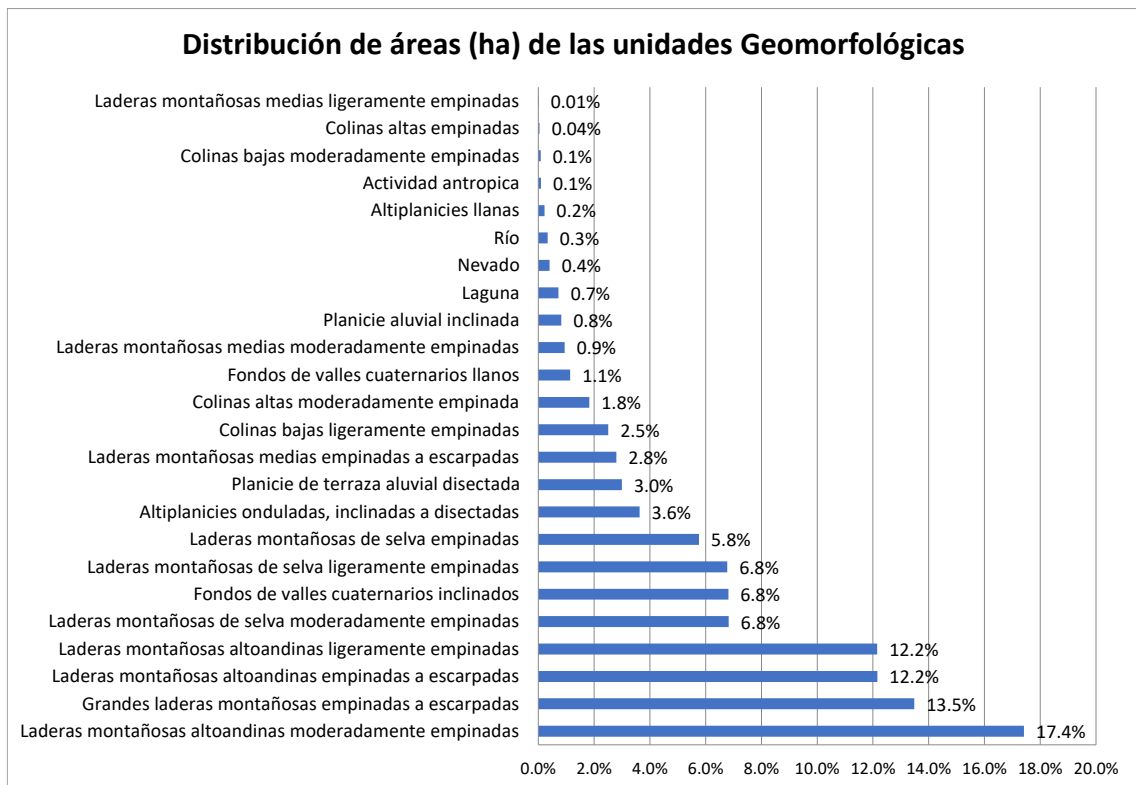


Figura 37. Distribución de unidades geomorfológicas en el área de estudio

4.3.4. Procesos morfodinámicos

Bajo este título, se agrupan algunas formas de tierra (o geoformas) y procesos morfodinámicos (o erosivos) que representan algunas condiciones importantes o destacadas del área, pero que no pueden ser consideradas en el mapa geomorfológico, en el mismo nivel o forma de representación que las llamadas unidades geomorfológicas.

En el mapa geomorfológico, se distingue mediante polígonos a color, a geoformas topográficamente distintivas de sectores, como planicies, colinas, laderas montañosas de diversa magnitud y pendiente, en tanto que los rasgos seleccionados se presentan sobrepuestos a ellos, como un complemento, pudiendo sobreponerse a la totalidad de una geoforma particular, a una parte de ella, o también presentarse sobrepuesta a dos o más



geoformas consideradas. Así, por ejemplo, sobre dos polígonos que delimitan hipotéticamente una planicie y un sector de colinas, puede encontrarse representado un cierto rasgo (o también determinado proceso), si es que éstos se distribuyen sobre ambas geoformas.

A continuación, se describe los caracteres principales de los rasgos geomorfológicos complementarios y procesos morfodinámicos incluidos en el estudio.

4.3.4.1. Erosión en cárcavas

Las cárcavas, pueden presentarse como pequeñas o grandes incisiones individuales, un tanto aisladas en los terrenos, lo que indica desarrollo de acciones erosivas localizadas; también se presentan más o menos ramificadas o en drenes paralelos, o incluso como una densa red de cárcavas que afectan amplias áreas. Estas últimas acciones erosivas severas de cárcavas muy densas no se presentan en la provincia, donde hay más bien formas de afectación por cárcavas, que pueden calificarse como de medianas a localmente severas, especialmente en la Sierra media, donde las fuertes pendientes y la actividad agraria tradicional favorecen su desarrollo. En la selva de la provincia, no revisten la cierta severidad que se muestra en la sierra, pero en los pocos lugares que se observan, son indicadores de que se está iniciando una fuerte erosión de suelos, a causa del de la deforestación.

4.3.4.2. Erosión por movimientos en masa

Desde un punto de vista práctico, los derrumbes y deslizamientos son movimientos en masa que producen las mismas peligrosas consecuencias, debiendo considerarse por otro lado, que es muy difícil establecer si el origen



de un movimiento ocurrido en una región lluviosa fue necesariamente producido por saturación. Los movimientos en masa se presentan de manera irregular y son difícilmente predecibles en amplias zonas de la sierra y selva. Incluso, a la escala de décadas, estos movimientos pueden ocurrir bajo la forma de procesos catastróficos ligados a sismos o eventos pluviales anómalos.

4.3.4.3. Erosión fluvial y torrencial

La erosión torrencial, se refiere principalmente a la que generan los cursos de agua de régimen irregular o intermitente. Las quebradas pueden traer flujos de decenas de m³/seg en algunos momentos y luego descender bruscamente a casi estar secas. Los grandes flujos arrastran una voluminosa carga, que incluye bloques de varias toneladas. Los torrentes o quebradas, no solo producen aluvionamientos en el cono deyectivo, sino frecuentes socavamientos en la base de las laderas por las que descienden, generando frecuentes derrumbamientos. Si bien, la erosión torrencial, ocurre a lo largo de los cauces, está muy vinculada a lo que sucede en las laderas que los bordean.

4.4. CARACTERIZACIÓN DE PENDIENTES DEL TERRENO

El grado de inclinación del terreno condiciona los diversos procesos de movimiento en masa. La elaboración del mapa cartográfico de pendientes tuvo como fuente las imágenes de Radar de Satélite ALOS PALSAR con resolución de 12.5 m, estas imágenes corresponden a noviembre del 2017.

Para la mejor comprensión de las pendientes normalmente las manejamos en dos términos como “*inclinado*” y “*empinado*”. De esta manera la pendiente,



está relacionada a relieves de diferentes pendientes, pudiendo ser geoformas de pendientes extremadamente empinadas a casi a nivel, donde se ha clasificado en siete (07) rangos en toda el área de trabajo.

Grupo de pendientes inclinadas:

a) Plano a ligeramente inclinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 0% hasta 4%; estas zonas de planicies se extienden en las partes altas de los distritos de Macusani, Crucero y las partes de selva baja en los distritos de Coasa y Ayapata, y su área de extensión es de 6.7% (**Ver figura 38**).

b) Moderadamente inclinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 4% hasta 8%; estas zonas de terreno moderadamente inclinado se extienden en las partes altoandinas y las partes de selva baja, y su área de extensión es de 3.6%.

c) Fuertemente inclinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 8% hasta 15%; estas zonas de fuertes inclinaciones se extienden en gran parte de la zona de estudio y con mayor presencia en partes altoandinas y de selva, por otra parte, su área de extensión es de 11.3%.

Grupo de pendientes empinadas:

d) Moderadamente empinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 15% hasta 25% de; este tipo de pendiente se las puede encontrar distribuido



uniformemente en toda el área de estudio a excepción de las grandes laderas de montañas que son de muy empinadas, y su área de extensión es de 15.4% respecto al total.

e) Empinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 25% hasta 50%; estas zonas de tipo empinado es la de mayor alcance en toda el área de investigación y cabe mencionar que su área de extensión es de 26.9% el mayor de todas las pendientes en extensión.

f) Fuertemente empinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 50% hasta 75%; con mayor presencia en las zonas de montañas altas tanto de zonas altoandinas y de zonas subandinas de selva alta, y su área de extensión es de 12.1% del total.

g) Extremadamente empinado

Esta unidad de pendiente de terreno está conformada en un rango de 75% a más; una de las características más particulares de la provincia de Carabaya es la presencia de este tipo de pendientes extremadas con una de las más grandes extensiones en toda el área siendo este una extensión de 22.2% del total.

Finalmente, se han clasificado y cartografiado a escala 1/50000 siete 07 unidades de pendientes y se muestran en el anexo (**VER ANEXO 03**).

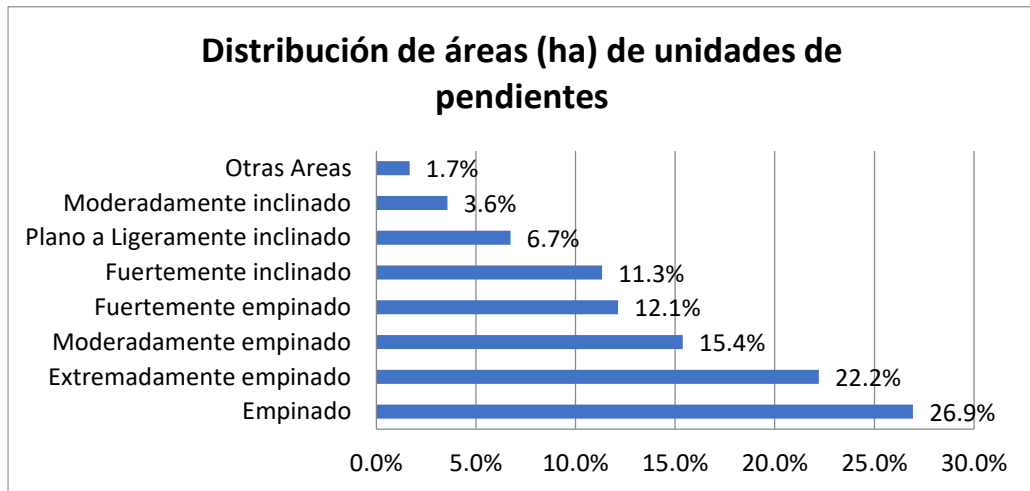


Figura 38. Unidades de pendientes y su distribución porcentual.

4.5. CARACTERIZACIÓN DE COBERTURA VEGETAL

4.5.1. Descripción de unidades de cobertura vegetal

La vegetación está relacionada con la diversidad de suelos e indirectamente con las geoformas del relieve terrestre, se utilizó el mapa de geomorfología para la atribución de las unidades de cobertura vegetal, llegándose a caracterizar **22 unidades** que describimos a continuación:

- **Afloramiento Rocoso/Escasa Vegetación**

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas, con escasa vegetación, generalmente dispuestas en las laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionados con los glaciares; tiene una superficie de 120387.10ha que corresponde al 9.71 % del ámbito priorizado. **(Ver Figura 39 - (d))**

- **Área de Extracción Minera**

La actividad minera que se encarga en la obtención de minerales como el oro en espacios prohibidos como las riberas de los ríos es el caso del

ámbito priorizado. La explotación de yacimientos aluviales que, transgrediendo normas mineras, tributarias, laborales, sociales y ambientales es minería ilegal. Esta superficie tiene un área total de 1695.16 ha que representa el 0.14% del ámbito de priorizado; la cual se puede identificar en los distritos de Ayapata, Ollachea y Crucero explotación de yacimientos auríferos. (Ver Figura 39 - (e))

- **Áreas de cultivo**

Esta unidad de cobertura vegetal está conformada ampliamente por terreno con cultivos anuales, terreno con cultivos anuales – muña y terreno con cultivos de frutales, con una extensión de 47289.13 ha que representa el 3.82 % del ámbito de intervención.

Terreno con cultivos anuales - Figura 39 (a); su composición florística es la papa o *Solanum tuberosum*, alfalfa o *Medicago sativa*, cebada o *Hodeum vulgare*, y quinua o *Chenopodium quinoa*; se encuentran ubicados en los distritos de Coasa, Macusani, Corani, Usicayos, Ayapata e Ituata.

Terreno con cultivos anuales – muña Figura 39 (b); Su composición florística está conformado por las siguientes especies: muña o *Minthostachys mollis*, mashua o *Tropaeolum tuberosum*, olluco o *Ullucus tuberosus*, oca o *Oxalis tuberosa*, haba o *Vicia faba*; se encuentra ubicado en el distrito de Usicayos.

Terreno con cultivos de frutales, Figura 39 (c); Su composición florística está conformado por las siguientes especies: piña o *Ananas comosus*, plátano macho o *Musa balbisiana*, cacao o *Theobroma cacao*, papaya o *Carica papaya*, aguaymanto o *Physalis peruviana*, sachatomate o *Solanum betaceum*, pacay o *Inga feuilleei*, granadilla o *Passiflora ligularis*, naranja agria o *Citrus aurantium*. **Terreno con cultivo permanente;** Su

composición florística está conformado por: naranjo o *Citrus cinensis*, café o cafeto arábigo *Coffea arabica*, granadilla o *Passiflora ligularis*, cacao o *Tehobroma cacao*, piña o *Ananas comosus*, chirimoya o *Annona cherimola*, se encuentra ubicados en los distritos de Ayapata y San Gabán.

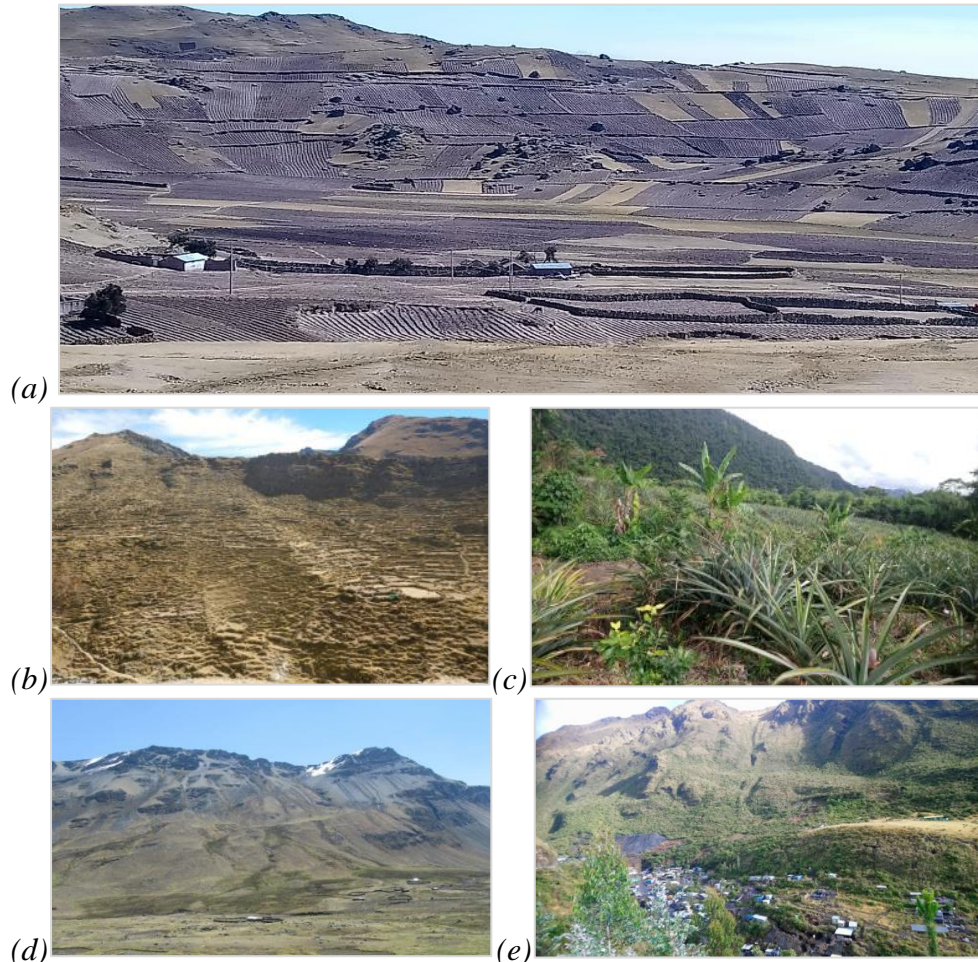


Figura 39. Áreas de actividades económicas y montañas rocosas

Nota: (a) Cultivos anuales ubicados en el distrito de Macusani. (b) Terreno con cultivos anuales – matorral de muña. (c) Cultivo de frutales en el distrito de San Gabán. (d) Escasa vegetación ubicada en el distrito de Macusani. (e) Campamento minero ubicado en el distrito de Ollachea.

- **Áreas Urbanas**

Esta unidad común de áreas urbanas también es mapeada en los estudios de cobertura vegetal, sin embargo, se detalla con más énfasis en las unidades de geomorfología.



Figura 40. Zonas de bofedales, bosques de colinas, montañas y terrazas

Nota. (a) Bofedal en las proximidades al abra Achasiri. (b) Bofedal en el distrito de Macusani. (c) Bosque de colina alta ubicado en el distrito de Ayapata. (d) Bosque de colina alta basimontano. (e) Bosque de Montaña alta Altimontano. (f) Bosque de Queñua ubicado en el distrito de Coasa. (g) Bosque de terraza ubicado en el distrito de San Gabán.

- **Bofedal**

Los bofedales son humedales altoandinos con alta fragilidad ecosistémica, por su dependencia de aguas subterráneas y superficiales. Parte de su importancia radica en que mantienen los recursos acuáticos y purifican el agua. Esta unidad tiene una superficie de 23105.15 ha que representa el 1.86 % del ámbito de priorizado, presenta una composición florística con predominio de la chilca colchón o *Distichia muscoides*, ubicados en los distritos de Ajoyani, Crucero, Macusani, Usicayos, Ituata y Corani. **(Ver Figura 40 - (a) y (b))**

- **Bosque de Colina**

Este tipo de bosque se desarrolla en un paisaje dominado por colinas altas, comprendido desde los 80m hasta los 300m de altura respecto a su base y con pendiente generalmente superior a 50 % que se han originado producto de la erosión de antiguas acumulaciones aluviales (anteriores niveles de terraza) y se extiende en 23864.81 ha, que representa el 1.93% del ámbito priorizado. El bosque se caracteriza por su alta densidad y diversidad florística, con árboles dominantes de hasta 30m de alto, las especies más reconocibles que tipifican a este bosque son: árbol maderable o *Nectandra sp*, familia de los árboles tornillo o *Cedrelinga*, árbol cedro americano o *Cedrela odorata*, especie de palmeras o *Astrocaryum*, árbol cedro rojo o *Cedrela fissilis*. **(Ver Figura 40 - (c))**

- **Bosque de Colina Basimontano**

Este tipo de cobertura vegetal tiene una superficie de 22940.33ha que corresponde el 1.85% del ámbito priorizado, su composición florística está

conformado por las siguientes especies: árbol del caucho o *Hevea*, árbol de guaba o *Inga sp*, árboles o grandes arbustos que producen el huayruro o *Ormosia*, árbol familia de la caoba - *Guarea*, palmera o *Astrocaryum*. (Ver **Figura 40 - (d)**)

- **Bosque de Fondo de Valle**

El tipo de cobertura vegetal tiene un área total de 4049.46ha que corresponde al 0.33% conformado por las siguientes especies: arbusto cortador o *Gynerium*, árbol del caucho o *Hevea*, arbusto cécrope del rey de Atenas ó *Cecropia sp*, especie arbórea con flores o *Erisma*, árbol higuerón o *Ficus máxima*.

- **Bosque de Fondo de Valle Basimontano**

Esta formación vegetal tiene una superficie de 5376ha y representa el 0.43% del ámbito de priorizado. Esta unidad de cobertura vegetal reconocemos algunos de los siguientes Géneros: arbusto cécrope del rey de Atenas ó *Cecropia sp*, árbol de palo blanco o *Calycophyllum*, árbol higuerón o *Ficus máxima*, *Inga sp*, árbol cedro americano o *Cedrela*, árbol del caucho *Hevea*, y entre otras especies.

- **Bosque de Fondo de Valle montano**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 2081.30ha, que representa el 0.17% del ámbito de priorizado, fisonómicamente se encuentra cubierto de vegetación arbustiva y boscosa, donde identificamos algunas especies: árbol de zonas tropicales lluviosas o *Dipteryx*, árbol cedro americano o *Cedrela*, *Perebea*, árbol del caucho *Hevea*.

- **Bosque de Montaña**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 128782.21ha que representa el 10.39% del ámbito de priorizado, cuya composición florística está conformado por varios géneros dentro de ello tenemos al árbol cedro americano o *Cedrelinga* y entre otras especies.

- **Bosque de Montaña Altimontano**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 26410.07ha que representa el 2.13% del ámbito de priorizado, cuya composición florística está conformado por varias especies así mismo mencionaremos algunos géneros de las cuales la más reconocida tenemos al árbol de queñua o *Polylepis*, árbol de Angelica muy resistente o *Aralia*. Estos se encuentran en los distritos de San Gabán, Ayapata, Ituata, Coasa, Ollachea y Usicayos (**Ver Figura 40 - (e)**)

- **Bosque de montaña Basimontano**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 218254.26ha que representa el 17.61% del ámbito de intervención, cuya composición florística es variada reconocemos algunos géneros como: familia de las palmeras o *Iriartea*, palmera - *Astrocaryum*, especie de palmera - *Geonoma*, también palmera - *Chamaedorea*, de la familia de las palmeras - *Oenocarpus*, palmera - *Socratea*, palmera, *Wettiinia sp.* Se encuentra en los distritos de San Gabán, Ayapata, Ituata y Coasa.

- **Bosque de Montaña Montano**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 77240.02ha que representa 6.23 %del ámbito de priorizado, cuya composición florística mostramos algunos géneros: arbusto cécrope del rey de Atenas - *Cecropia sp*,

árbol maderable - *Nectandra sp.*, y entre otras especies. Se encuentra en los distritos de San Gabán, Ayapata, Ituata, Coasa y Usicayos.

- **Bosque de Planicie**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 3106.84ha que corresponde al 0.25% del ámbito de priorizado, cuya composición florística es variada indicamos algunas especies como la palmera - *Astrocaryum*, especie arbórea de cedro americano - *Cedrela odorata*, y entre otras especies. Estas se encuentran en los distritos de Ayapata, Coasa y San Gabán.

- **Bosque de Queñua**

Se encuentra de manera fraccionada; este se caracteriza por su porte bajo y achaparrado (hasta 3m de alto) y se presenta formando bosquetes de poca extensión y está representado por el género *Polylepis*. La mayoría de los parches se encuentran en sectores más abrigados del ámbito priorizado. Esta unidad tiene una superficie de 501.90ha que representa el 0.04% del ámbito de intervención, estas conforman una composición florística de gran variedad de especies de la familia *polyletis* o arboles de queñua. (Ver Figura 40 - (f))

- **Bosque de Terraza**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 38835.37ha que corresponde al 3.13% del ámbito de intervención, cuya composición florística es amplia donde podemos mencionar principalmente los siguientes géneros: árbol cedro americano o *Cedrelinga*, árbol del jebe - *Hevea*, y entre otras especies. Estos bosques de terraza se encuentran en los distritos de Ayapata y Coasa. (Ver Figura 40 - (g))

- **Canales, Quebradas o Ríos**

Dentro del estudio de unidades de cobertura vegetal se contempla a los ríos y/o quebradas, sin embargo, estos ya han sido consideradas en los estudios geomorfológicos, detallándose con más énfasis en las unidades geomorfológicas.

- **Césped de Puna**

Esta unidad de cobertura vegetal dominado por herbáceas de la de porte muy reducido acompañado de juncáceas pequeñas, se observa en el ámbito de estudio, la cual pertenece a las áreas pasturas, estas tienen una extensión de 276447.25ha que representa el 22.31% del ámbito de intervención.

Pastizal de crespillo, Ver Figura 41 (a) son plantas de tamaño-crecimiento pequeño y su composición es amplia florísticamente, existiendo una variedad de crespillos y estas especies se ubican en todos los distritos altoandinos del ámbito priorizado.

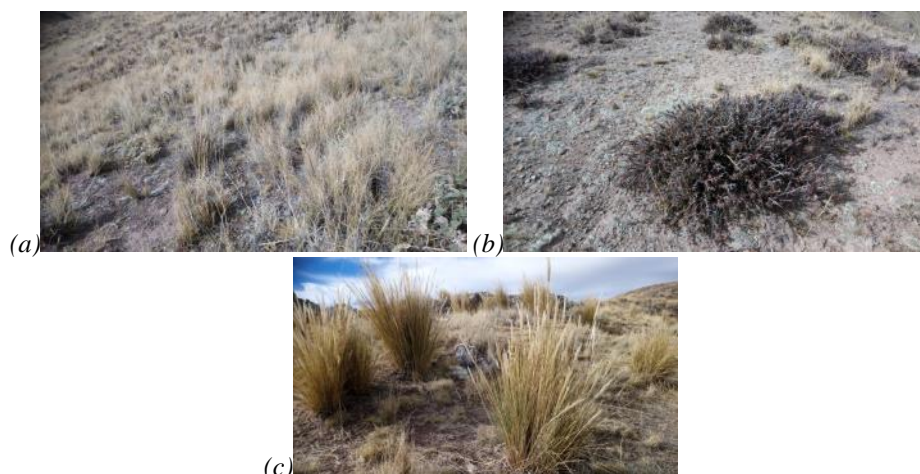


Figura 41. Zonas de pastizales en las zonas altoandinas.

Nota. (a) Pastizal de crespillo ubicado en el distrito de Ajoyani. (b) Pastizal de crespillo – canlli ubicado en el distrito de Crucero. (c) Pastizal de crespillo – ichu ubicado en el distrito de Crucero.



Pastizal de crespillo - canlli, Ver Figura 41 (b) su composición florística está conformado por una amplia variedad de especies tando de la familia de canlli y crespillo; como especies amenazadas es de preocupación menor. Se encuentran ubicados en las zonas altoandinas de los distritos Ajoyani y Crucero. **Pastizal de crespillo – chilligua;** Su composición florística está conformado por una variedad de especies y se encuentran ubicados en los distritos Ajoyani, Crucero, Corani, Usicayos, Macusani y Coasa. **Pastizal de crespillo – ichu, Ver Figura 41 (c);** Su composición florística está conformado por una variedad de especies y se encuentran ubicados en las zonas altoandinas de los distritos de Ajoyani, Crucero, Corani, Usicayos, Macusani y Coasa.

- **Islas o Playas**

Esta unidad tiene una extensión de 1765.05 ha que representa el 0.14% del ámbito de intervención, su altitud y sus suelos condicionan la prosperidad de una florística variada dentro de ellas tenemos una *especie arbórea palo blanco - Calycophyllum multiflorum*, existe especies arbóreas amenazadas como la familia de las Ceiba; Estas unidades se encuentran en los distritos de Coasa y Ayapata.

- **Lagos o Lagunas**

Esta unidad común de cuerpos de agua también es mapeada en los estudios de cobertura vegetal, sin embargo, se detalla con más detalle en las unidades de geomorfología.

- **Matorral de muña**



Esta unidad de cobertura vegetal tiene una extensión de 5868.37ha que representa el 0.47% del ámbito de intervención, su composición florística está conformado por una variedad de especies, estas se encuentran distribuidas en los distritos de Ollachea, Usicayos y Coasa.

- **Matorral mixto**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una extensión de 31766.06ha que representa el 2.56% del ámbito de intervención cuya composición florística está conformado por “tola” *Baccharis latifolia*, “nabo” *Brassica rapa*, “flor amarilla” *Bidens andicola*, y otras especies, estas se encuentran ubicado en los distritos de Usicayos, Ituata, Coasa, Ayapata, San Gabán y Ollachea. (Ver Figura 59 - (b))

- **Pajonal**

Esta unidad tiene una extensión de 160073.33ha que representa el 12.92% del ámbito de intervención.

Pajonal de chilligua – crespillo; Composición florística está conformado por una variedad de especies. Estas se encuentran ubicados en los distritos de Crucero y Ajoyani. **Pajonal de chilligua –ichu Figura 40 (a)** Su composición florística es variable en sus especies. Se encuentra en las zonas altoandinas del distrito de Crucero.



Figura 42. Zonas de pajonales en las zonas altoandinas.

Nota. (a) Pajonal de chilligua –ichu ubicado en distrito de Crucero. (b) Pajonal de ichu ubicado del distrito Crucero. (c) Pajonal de ichu – canlli ubicado en distrito Ajoyani. (d) Pajonal de ichu- crespillo. (e) Pajonal de kheña del distrito de Ayapata. (f) Pajonal de kheña - cultivos anuales ubicados en el distrito de Ayapata. (g) Pajonal de kheña –tola ubicada en el distrito de Coasa.

Pajonal de ichu **Figura 40 (b)** Esta unidad de cobertura vegetal posee una gran densidad de individuos de *Stipa ichu* acompañado de arbustos como son del género *Baccharis* (arbusto perenne).; Los pajonales de ichu



crecen en lugares semisecos a secos desde suelos superficiales y rocosos hasta suelos profundos, pero siempre en laderas donde hay menos incidencia de heladas fuertes el “ichu” *Stipa ichu* es una especie más termófila que la “chilligua” “*Festuca dolichophylla*” por esta razón son más preferidos para la instalación de parcelas de cultivo de papa es más susceptibles a las heladas. Su composición florística está de estas especies es variada, así mismo estas se encuentran ubicados en los distritos Ajoyani, Crucero, Macusani, Corani.

Pajonal de ichu –canlli, Figura 40 (c) Se encuentran muchos lugares casi desprovistos de vegetación, donde aflora cascajo y roca esquistosa, se notan solamente algunos macollos dispersos de paja brava o *Stipa ichu* y Canlli o *Tetraglochin cristatum*, estos lugares son desnudos revela una gran variedad de especies adaptadas a condiciones que se caracterizan por la falta de materia orgánica en la superficie debido a la permanente erosión eólica e hídrica, representada por una variedad en su especies de paja y canlli y entre otros. Se encuentran ubicados en los distritos Ajoyani y Crucero.

Pajonal de ichu- crespillo Figura 40 (d) Su composición florística es variada además estos pajonales de ichu y crespillo se encuentran ubicados en los distritos Ajoyani, Crucero, Macusani y Corani.

Pajonal de kheña, Figura 40 (e) Su composición florística está conformado por una variedad de especies, estas se encuentran ubicados en los distritos Ollachea, Ayapata, Ituata, Coasa y Usicayos.

Pajonal de kheña – cultivos anuales, Figura 40 (f) Su composición florística está conformado por una variedad de especies, estas se encuentran ubicados en los distritos Ollachea, Ayapata y Usicayos.

Pajonal de kheña- tola, Figura 40 (g) Su composición florística está conformado por

una variedad de especies, estas kheña y tolas se encuentran ubicados en los distritos Ollachea y Coasa.

- **Plantación forestal**

Esta unidad de cobertura vegetal tiene una superficie de 105.64ha que corresponde al 0.01% del ámbito de intervención, cuya composición florística está conformado por varias especies entre ellas las especies arbóreas de eucaliptos - *Eucalyptus globulus*, estas se encuentran ubicados en los distritos Ollachea y Coasa.

Finalmente, se han identificado y cartografiado a escala 1/50000 veintidós 22 unidades de cobertura vegetal y se muestran en el anexo (**VER ANEXO 04**).

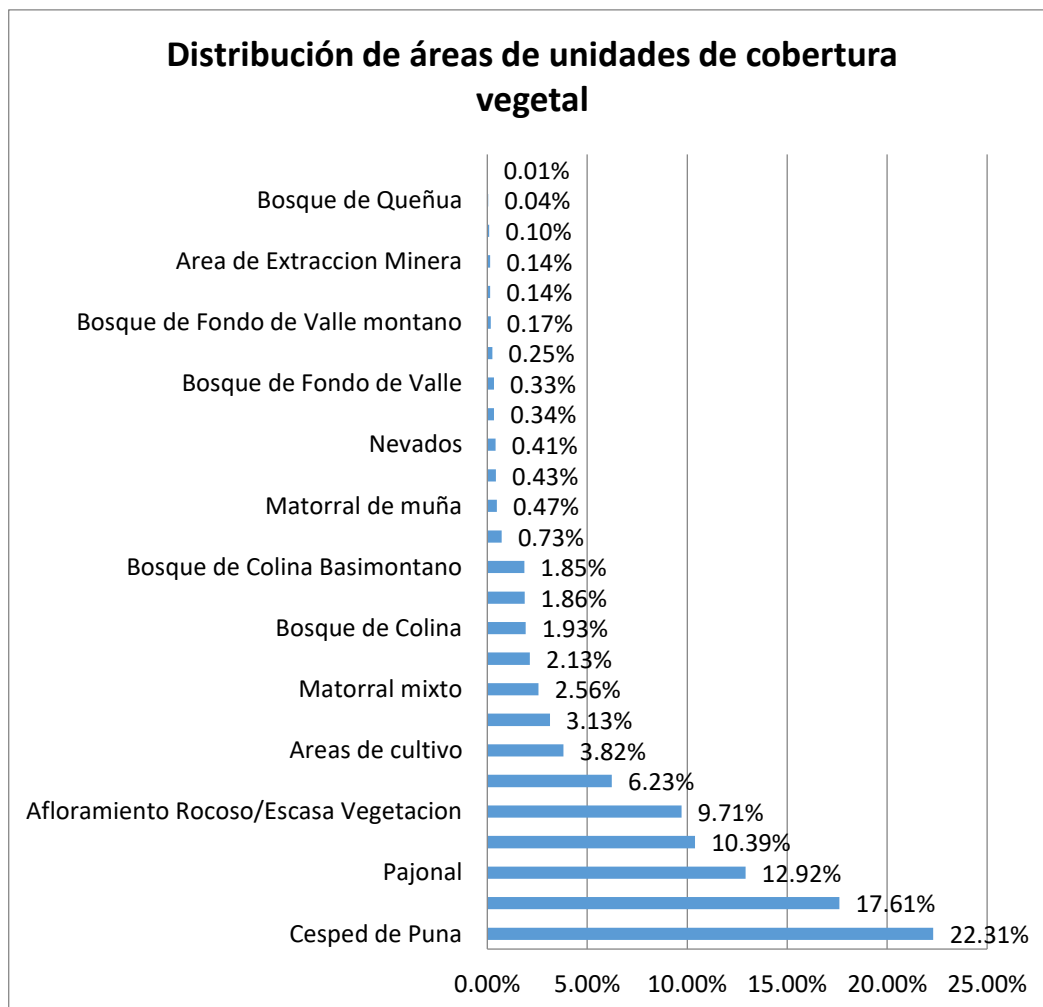


Figura 43. Unidades de Cobertura vegetal en el área de estudio



4.6. CARACTERIZACIÓN DEL USO ACTUAL DE TIERRAS (UAT)

4.6.1. Caracterización de las unidades de uso de la tierra

La cobertura comprende todo lo que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema y su conocimiento es indispensable para definir, determinar y cartografiar unidades ecológicas homogéneas. Existen diferentes tipos de cobertura los cuales se agrupan en clases de acuerdo con sus características, y estas últimas, se agrupan en unidades que en su orden jerárquico son vegetales, degradada, hídrica y construida.

Se clasificó con base a la estructura CORINE Land Cover adaptada para el Perú, el cual para la provincia de Carabaya se identificaron las siguientes:

- **Afloramientos rocosos**

Cubre una superficie aproximada de 122936.56ha, equivalente al 9.9% del área total evaluada. Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, con escaso desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas y formando escarpes; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glaciar. Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña, localizados las montañas de la Cordillera Oriental y Cordillera Occidental.



Figura 44. *Afloramientos rocosos-Corani.*

- **Áreas arenosas naturales**

Cubre una superficie aproximada de 378.09 ha, equivalente al 0.03 % del área total evaluada. Son terrenos planos constituidos principalmente por tierras arenosas y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos y bancos de arena de los ríos.

- **Áreas de extracción de minería e hidrocarburos**

Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen. Cubre una superficie aproximada de 1695.16ha., que representa 0.14 % del área total evaluada del territorio Carabaya.

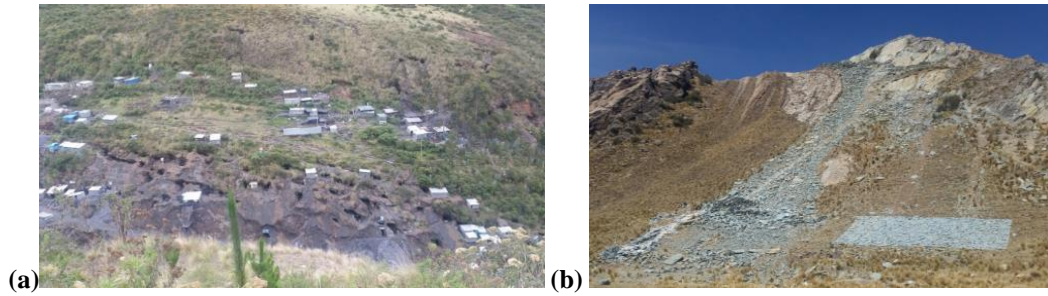


Figura 45. Zonas de extracción minera.

Nota. (a) Extracción minera artesanal en la Comunidad de Ollachea. (b) Extracción de lajas para el enchapado de pisos y parques en la construcción civil –Sector Sasavine, Distrito de Ajoyani.

- **Áreas Pantanosas**

Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de ellos se encuentran cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, con extensiones de 6258.66ha (0.5%). Así mismo cubre extensiones pequeñas no maleables en área total evaluada.

- **Áreas quemadas**

Cubre una superficie aproximada de 135.90 ha., equivalente al 0.01 % del área total evaluada. Comprende las zonas afectadas por incendios recientes, donde los materiales carbonizados todavía están presentes. Estas zonas hacen referencia a los territorios afectados por incendios localizados tanto en áreas naturales como los herbazales.

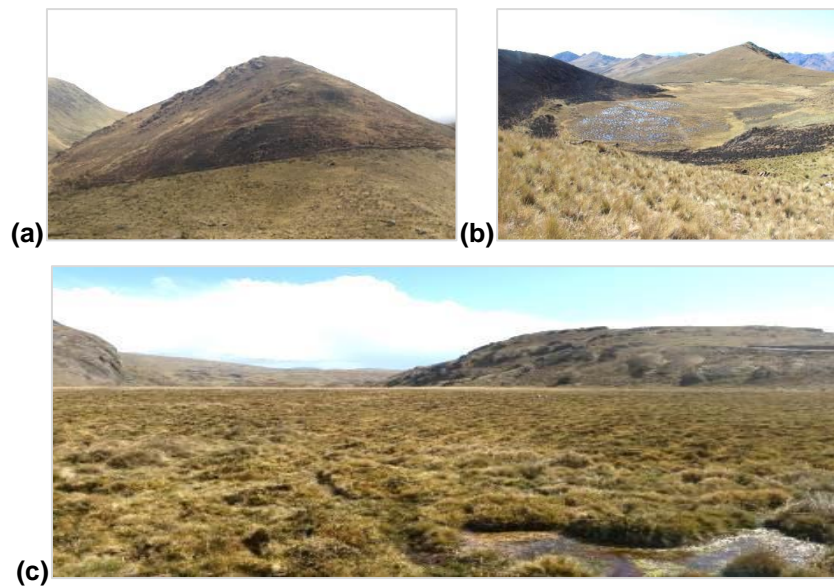


Figura 46. Zonas quemadas.

Nota. (b) Áreas quemadas de kheña, distrito de Ayapata. (a) Áreas quemadas de pajonales. (c) Quema de pastizales, distrito de Crucero.

- **Bofedal**

Bofedal es un humedal de altura y se considera una pradera nativa poco extensa con permanente humedad. Esta también se detalla en el acápite de cobertura vegetal

- **Bosque abierto bajo**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, con altura superior a cinco metros e inferior a 15 metros, y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. En la provincia representa un área de 236895 ha., un 19.26% del total de la provincia.

- **Bosque denso alto**

Unidad constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y que en promedio presentan una altura del dosel superior a los 15 metros, a nivel provincial ocupa un área de 145795.25ha que representa un 11.76 % del área total de la provincia.

- **Bosque denso bajo**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999). En la provincia representa un área de 160696.01 ha., que representa el 12.97% del total de la provincia.



Figura 47. *Bosque denso bajo entrada a San Gabán.*

- **Cultivos permanentes arbustivas**

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar. Cubre una superficie aproximada de 74.02 ha., que representa 0.01 % del área total de la provincia.

- **Cultivos permanentes herbáceos**

Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como sacha tomate, rocoto, granadilla y plátano. Cubre una superficie aproximada de 26732.34ha, que representa 2.16% del área total evaluada del ámbito de intervención de la provincia de Carabaya.

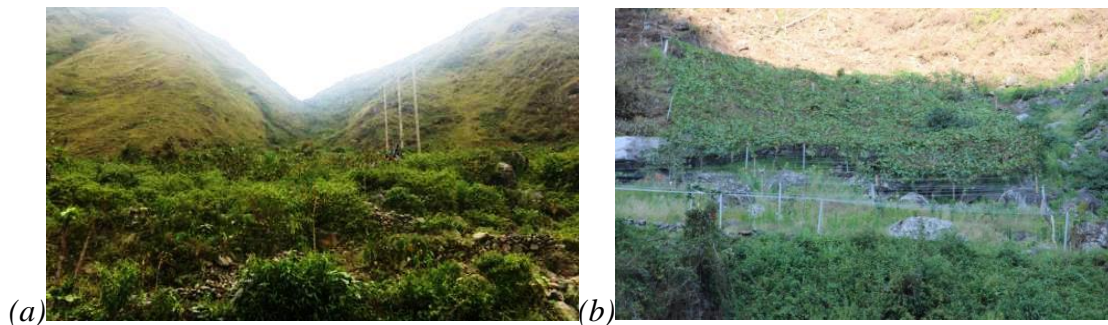


Figura 48. Zona de cultivos en seña de selva

Nota. (a) Cultivos permanentes de Sacha Tomate y Rocoto en el sector de Ollachea. (b) Cultivos permanentes de granadilla ubicadas en todo el tramo de Ollachea a San Gabán.

- **Islas o Playas**

Son áreas rivereñas que anualmente se ven comprometido con las inundaciones, estas conforman un área de distribución de 1382.95ha (0.11%) en el ámbito de intervención.

- **Mosaico de cultivos**

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior

a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En estas áreas predominan en general territorios que inicialmente estaban cubiertos con especies arbóreas nativas, plantas herbáceas y que han ido fragmentándose cambiando la cobertura y uso inicial por ampliación de la frontera agrícola para cubrir las necesidades alimenticias de la población han ido convirtiéndose en territorios para la producción agrícola. Cubren una extensión superficial aproximada de 986.07ha. (0.08%) del ámbito de intervención.



Figura 49. *Mosaico de cultivos del ámbito del distrito de San Gabán*

- **Grupo de pajonal y pastizal denso**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales; esta cubre una superficie de 255221.66ha, que representa

20.59% del área total, y según se categoría Corine Land Cover se evalúa en el nivel 4. Esta unidad puede ser dividida en el siguiente grupo:

- Pajonal denso (chilligua-crepillo)
- Pajonal denso (ichu-canlli)
- Pajonal denso (ichu-tola)
- Pajonal denso (kheña)
- Pastizal denso
- Pastizal denso (crepillo-chillihua)
- Pastizal denso (crepillo-ichu)
- Pastizal denso (crepillo)

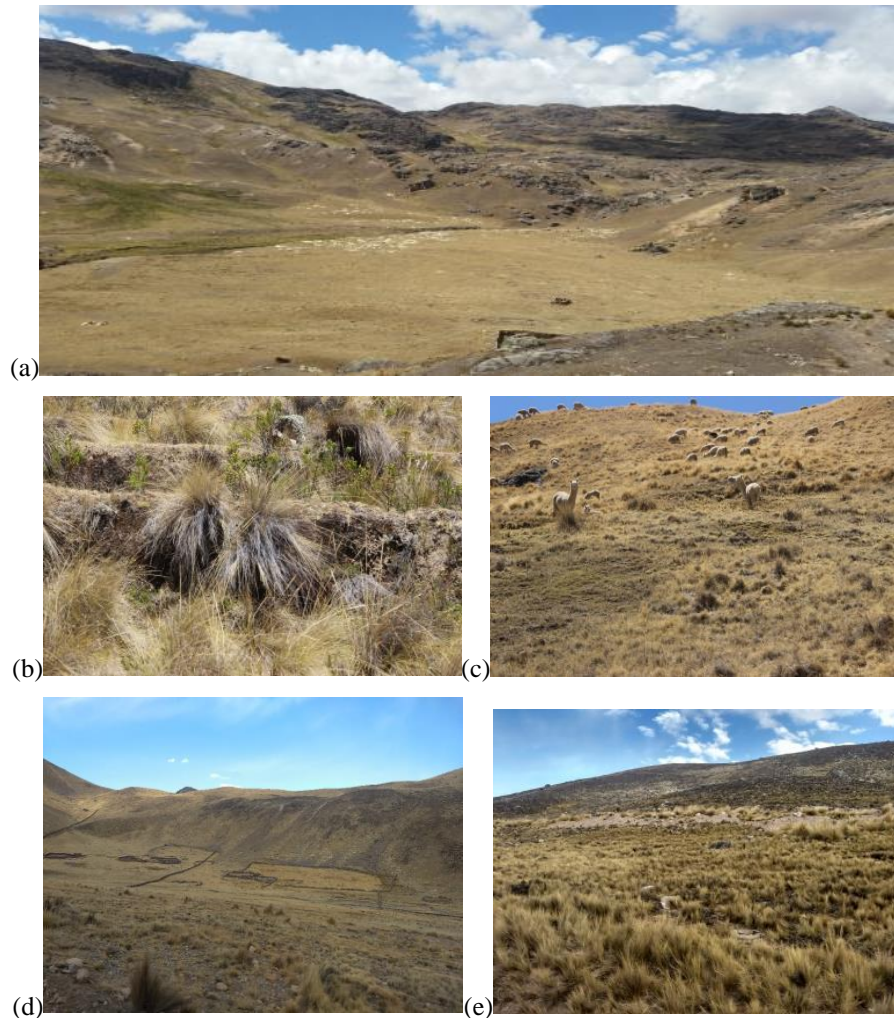


Figura 50. Zona de pajonales densos.

Nota. (a) Pajonal denso de crepillo en las alturas de Macusani y Corani. (b) Pajonal denso de crepillo en las alturas de Macusani y Corani. (c) Pastizal de crepillo y



chilligua en la ruta Ajoyani-Coasa. (d) Pastizal de chilligua-crespillo en el distrito de Crucero. (e) Pajonal denso (ichu-canlli) en la ruta de Crucero.

- **Grupo de pajonal y pastizal semidenso.**

Tiene una extensión de 169187.25ha que representa un 13.65% del área evaluada, esta unidad puede ser dividida en los siguientes grupos:

- Pajonal semidenso (chilligua-crespillo)
- Pajonal semidenso (chilligua-ichu)
- Pajonal semidenso (ichu-canlli)
- Pajonal semidenso (ichu-crespillo)
- Pajonal semidenso (ichu)
- Pastizal semidenso (crespillo-canlli)
- Pastizal semidenso (crespillo-chilligua)
- Pastizal semidenso (crespillo-ichu)
- Pastizal semidenso (crespillo)

- **Grupo de Pastizal abierto.**

Cubre una extensión superficial de 33047.65ha, que representa el 2.75% del área de intervención, las cuales se encuentran en los distritos de Crucero, Ajoyani, Usicayos y Macusani. Esta unidad se divide en los siguientes grupos:

- Pastizal abierto (crespillo-chilligua)
- Pastizal abierto (crespillo)

- **Plantación forestal**

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. Establecidos mediante la plantación para la producción de madera

(plantaciones comerciales) y servicios ambientales (plantaciones protectoras).
Cubren una superficie aproximada de 105.64ha, que equivale a 0.01% del
área total evaluada, comprende los siguientes: Plantación forestal de
eucalipto, Plantación forestal de pino.

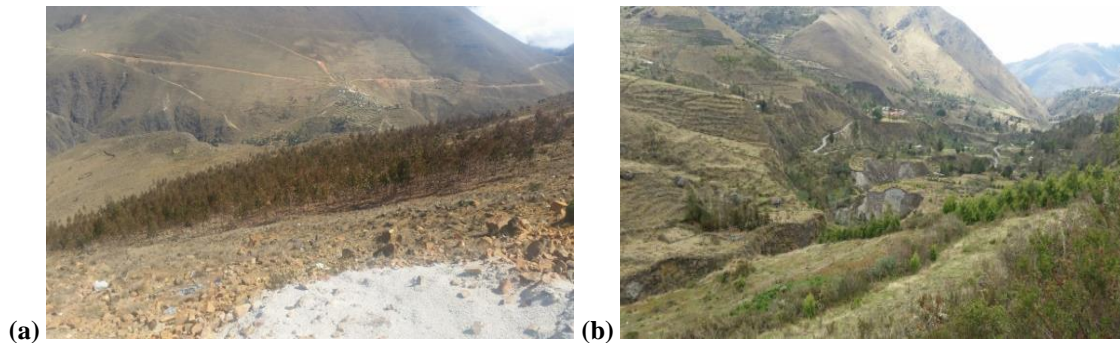


Figura 51. Zonas de plantaciones forestales

Nota. (a) Plantaciones forestales de Eucalipto en la ruta Coasa - Tahuana. (b) Plantaciones forestales de Pino a los alrededores del distrito de Ayapata.

- **Tubérculos**

Estas unidades agrícolas las componen en mayor proporción los
cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), vistos en los distritos de gran parte de
los distritos de la provincia, las cuales ocupan una extensión superficial de
19360.81ha, que equivale el 1.56%.

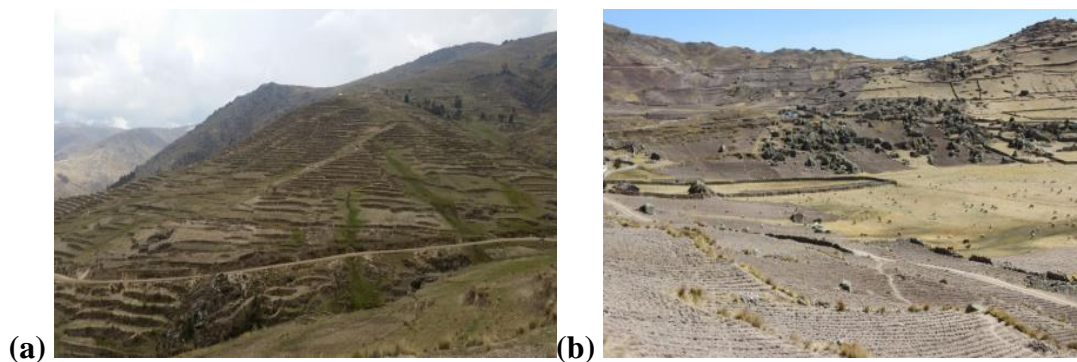


Figura 52. Cultivos de papa. Vulnerables por movimiento en masa de laderas

Nota. (a) Andenerías de cultivos de papa situadas alrededor del distrito de Coasa. (b) Cultivos transitorios ubicados alrededor del Centro Poblado de Tantamaco.



- **Vegetación arbustiva mixta**

Cubre una superficie aproximada de 9748.33ha, que representa 0.79% del área total evaluada. Considerado como vegetación arbustiva/herbácea a las especies leñoso de hasta 0.5 m de altura en el ámbito, pero también sobre todo en las zonas más altas, achaparrado unos 10-15 cm, densamente ramificado desde el base espinoso con las espinas alteradas e incurvadas.

- **Vegetación herbácea abierta de muña**

Cubre una superficie aproximada de 5865.37ha, que representa 0.47% del área total evaluada. Considerado como vegetación arbustiva/herbácea a las especies leñoso de hasta 0.5 m de altura en el ámbito, pero también sobre todo en las zonas más altas, achaparrado unos 10-15 cm, densamente ramificado desde el base espinoso con las espinas alteradas e incurvadas.

Unidades comunes

En el mapeo de unidades de uso actual de tierras, también se han consideradas las unidades comunes que ya han sido descritas en el estudio geomorfológico y es el mismo que se usa para completar esta temática de UAT (uso actual de tierras). Siendo estas: Áreas Urbanas, Canales, Quebradas o Ríos, Lagos y/o Lagunas, Nevado

Finalmente, se han identificado y cartografiado a escala 1/50000 treintaiséis 36 unidades de uso actual de tierras y se muestran en el anexo **(VER ANEXO 05)**.

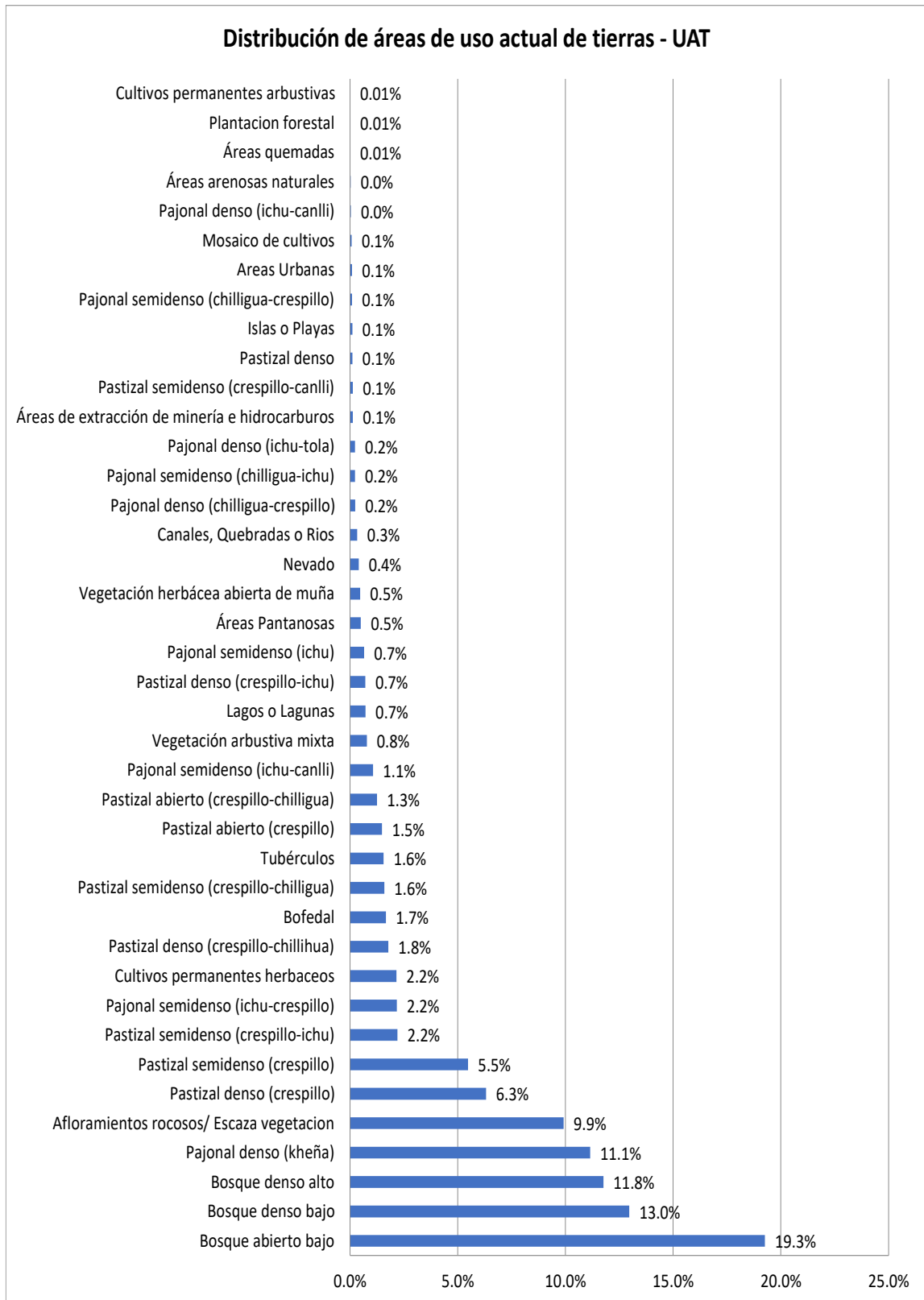


Figura 53. Unidades de Uso Actual de Tierra en el área de estudio

4.7. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

4.7.1. Clima

Según la estimación de los índices de Thornthwaite (1931), existen 19 climas identificados en la provincia de Carabaya. Cabe señalar que, el índice de precipitación efectiva no depende sólo de la precipitación, sino también de la temperatura. Por ende, el índice de concentración estacional también está influenciado por la temperatura puesto que se calcula a partir de la precipitación efectiva mensual. La **Tabla 15** resume los 19 climas de la provincia de Carabaya.

Tabla 15

Climas de la provincia de Carabaya según Thornthwaite (1931)

Nro.	Precipitación Efectiva	Eficiencia Térmica	Concentración Estacional
1	Lluvioso	Frígido	Abundante lluvia todo el año
2	Lluvioso	Frío	Abundante lluvia todo el año
3	Lluvioso	Frío	Invierno seco
4	Lluvioso	Frío	Invierno y otoño seco
5	Lluvioso	Polar	Abundante lluvia todo el año
6	Lluvioso	Semicálido	Abundante lluvia todo el año
7	Lluvioso	Semifrígido	Abundante lluvia todo el año
8	Lluvioso	Semifrígido	Invierno seco
9	Lluvioso	Semifrígido	Invierno y otoño seco
10	Muy Lluvioso	Cálido	Abundante lluvia todo el año
11	Muy Lluvioso	Frío	Abundante lluvia todo el año
12	Muy Lluvioso	Semicálido	Abundante lluvia todo el año
13	Semiseco	Frío	Abundante lluvia todo el año
14	Semiseco	Frío	Invierno seco
15	Semiseco	Frío	Invierno y otoño seco
16	Semiseco	Semicálido	Abundante lluvia todo el año
17	Semiseco	Semicálido	Invierno seco
18	Semiseco	Semicálido	Invierno y otoño seco
19	Semiseco	Semifrígido	Invierno y otoño seco

4.7.2. Temperatura

La zona de estudio tiene dos regiones bien marcadas: sierra y selva.

Tabla 16

Temperaturas mínimas promedio de la Prov. Carabaya (sierra y selva)

Estación	Temperatura en grados Celsius °C
T min promedio - verano	-5.5°C a 19.6°C
T min promedio - otoño	-8.3°C a 18.9°C
T min promedio - primavera	-8.4°C – 18.6°C
T min promedio - invierno	-13.8°C a 16.9°C
T min promedio anual	-8.8°C a 18.4°C

Tabla 17

Temperaturas máximas promedio de la Prov. Carabaya (sierra y selva)

Estación	Temperatura en grados Celsius °C
T max promedio - verano	2.8 - 30.8°C
T max promedio - otoño	3.4 - 29.9°C
T max promedio - primavera	4.7 - 31.2°C
T max promedio - invierno	3.4 - 29.9°C
T max - promedio anual	4°C - 30°C

El otoño presenta en promedio heladas de hasta -6°C en las partes altas de la zona de estudio y la frecuencia de ocurrencia aumenta entre 20 a 60 días en el trimestre. En invierno, la temperatura en promedio llega hasta -12°C, en los distritos Crucero, Ajoyani, Macusani, con una frecuencia promedio de 20 a 90 días de heladas durante los 3 meses. La primavera también tiene heladas con intensidad promedio de -1°C a -6°C y una ocurrencia de 10 a 40 días en las zonas de Crucero, Ajoyani y Macusani. (MINAM, 2018)

4.7.3. Precipitación pluvial

Estos datos meteorológicos de precipitaciones pluviales han sido contruidos y determinados utilizando el modelo de elevación digital (DEM) de la Misión Topográfica Radar Shuttle (SRTM, ver Farr et al., 2007). También usa el Grillado de datos climáticos promedios mensuales Worldclim V1 (Hijmans et al. 2005), obtenido del portal (<http://www.worldclim.org/version1>). La climatología de precipitación total mensual estimada por satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), producto 2A25, con una resolución espacial de 5 km (0.05°), obtenido del portal (<ftp://ftp.senamhi.gob.pe>). Adicionalmente también usa base de datos grillados PISCO (Peruvian Interpolated data of SENAMHIs Climatological and hydrological Observations). Finalmente, también se tiene datos observados de estaciones meteorológicas tomándose en cuenta los datos observados de precipitación y temperatura a escala diaria y mensual de 04 estaciones meteorológicas de SENAMHI distribuidos dentro y fuera de la zona de la provincia de Carabaya para el período **1981 – 2010**. Estos datos fueron proporcionados por el MINAM (Ministerio del Ambiente) y fueron usados para la validación y ajuste de los productos Worldclim, TRMM y PISCO. En la **Tabla 18**, se muestran las estaciones consideradas.

Tabla 18

Ubicación de estaciones meteorológicas (SENAMHI)

Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Departamento	Provincia
San Gabán	13°440' S	70°405' W	635 m	Puno	Carabaya
Ollachea	13°804' S	70°497' W	3420 m	Puno	Carabaya
Macusani	14°068' S	70°424' W	4331 m	Puno	Carabaya
Crucero	14°363' S	70°024' W	4130 m	Puno	Carabaya

Nota. Tomado de SENAMHI



La zona de estudio tiene dos regiones bien marcadas: sierra y selva. Para la zona de estudio se tiene una **precipitación total promedio anual** que varía entre **632 y 7253 mm/año**, registrándose los valores más altos en los distritos de San Gabán, parte baja de Ayapata y Coasa. Así mismo los meses de **verano** (trimestral) presentan mayores acumulados, que varían entre **349.4 a 3032.4 mm**, mientras que los acumulados promedios más bajos de precipitaciones, serían para **invierno 17.2mm a 1144.7 mm** para toda la zona de estudio.

La distribución temporal de la precipitación total anual, se muestran en la **Figura 54, 56, 58 y 60** para las estaciones de Crucero, Macusani, Ollachea y San Gabán respectivamente, mientras que las series temporales para verano, otoño, invierno y primavera, se puede apreciar en las **Figuras 55, 57, 59 y 61** respectivamente. Los registros históricos temporales de las estaciones mostradas en las **Figuras 54, 56, 58 y 60** muestran valores de precipitación con mínimos y máximos que van desde los 450 mm/año en la zona alta (Macusani y Crucero) hasta valores extremos de lluvias (9200 mm/año) en la zona de San Gabán (**Hotspot o puntos calientes de precipitaciones**).

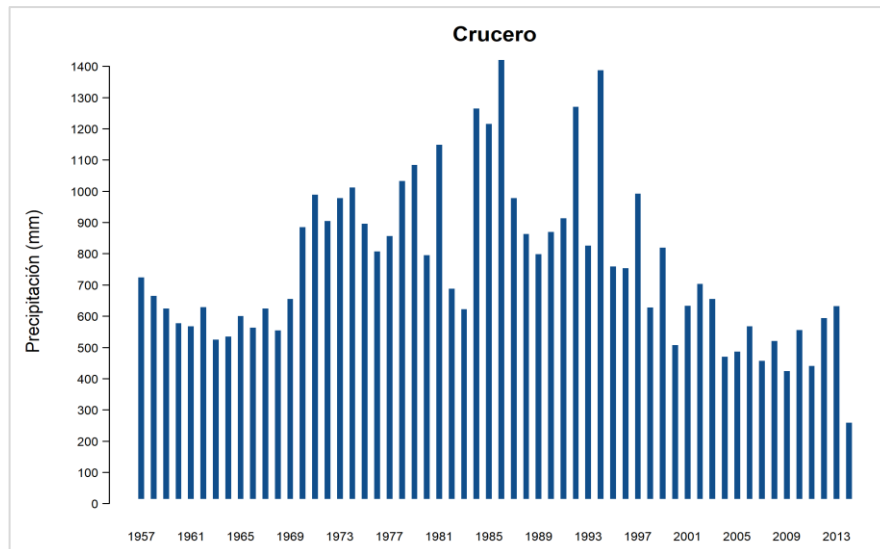


Figura 54. Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica Crucero.

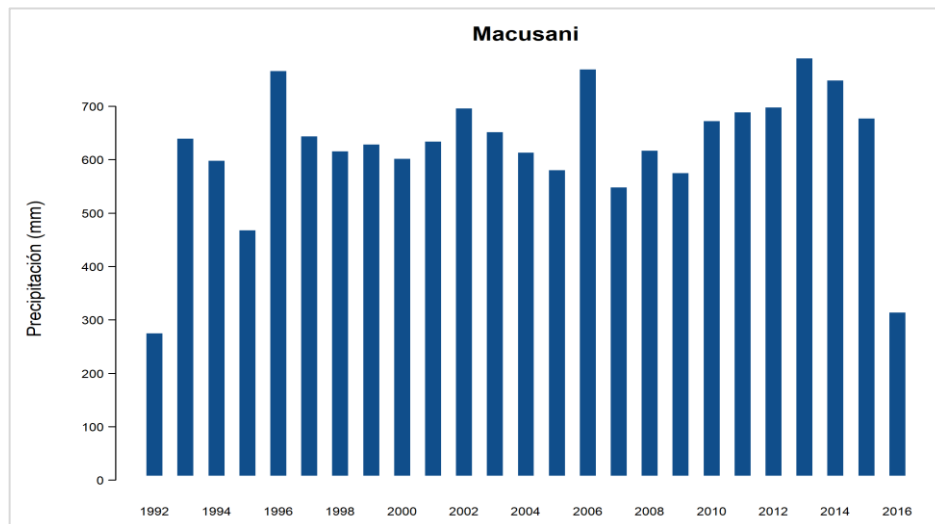


Figura 55. Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica Macusani.

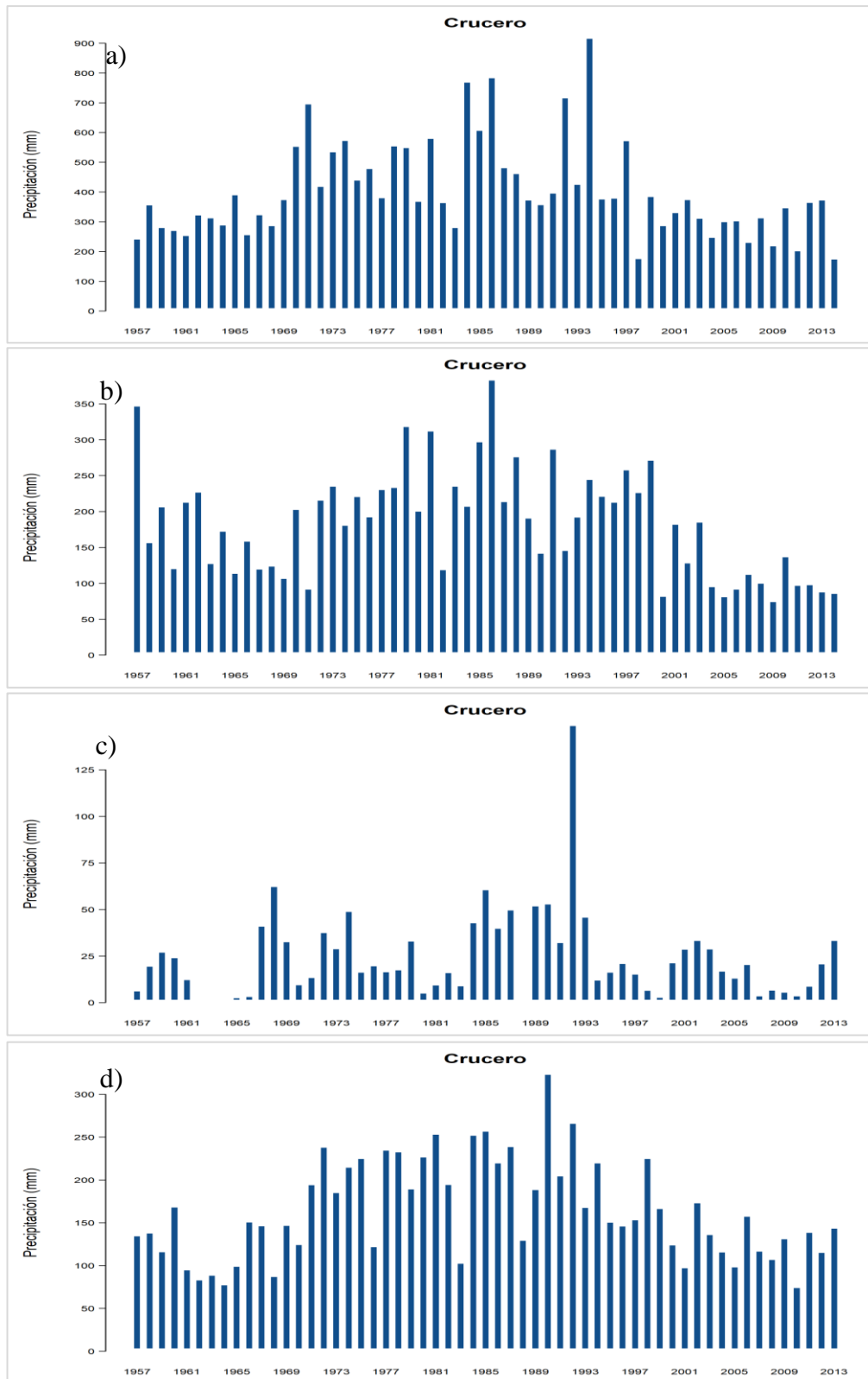


Figura 56. Distribución temporal de la precipitación estacional (mm)

Nota. a) Verano – DEF, b) Otoño – MAM, c) Invierno – JJA y d) Primavera – SON, estación meteorológica Crucero.

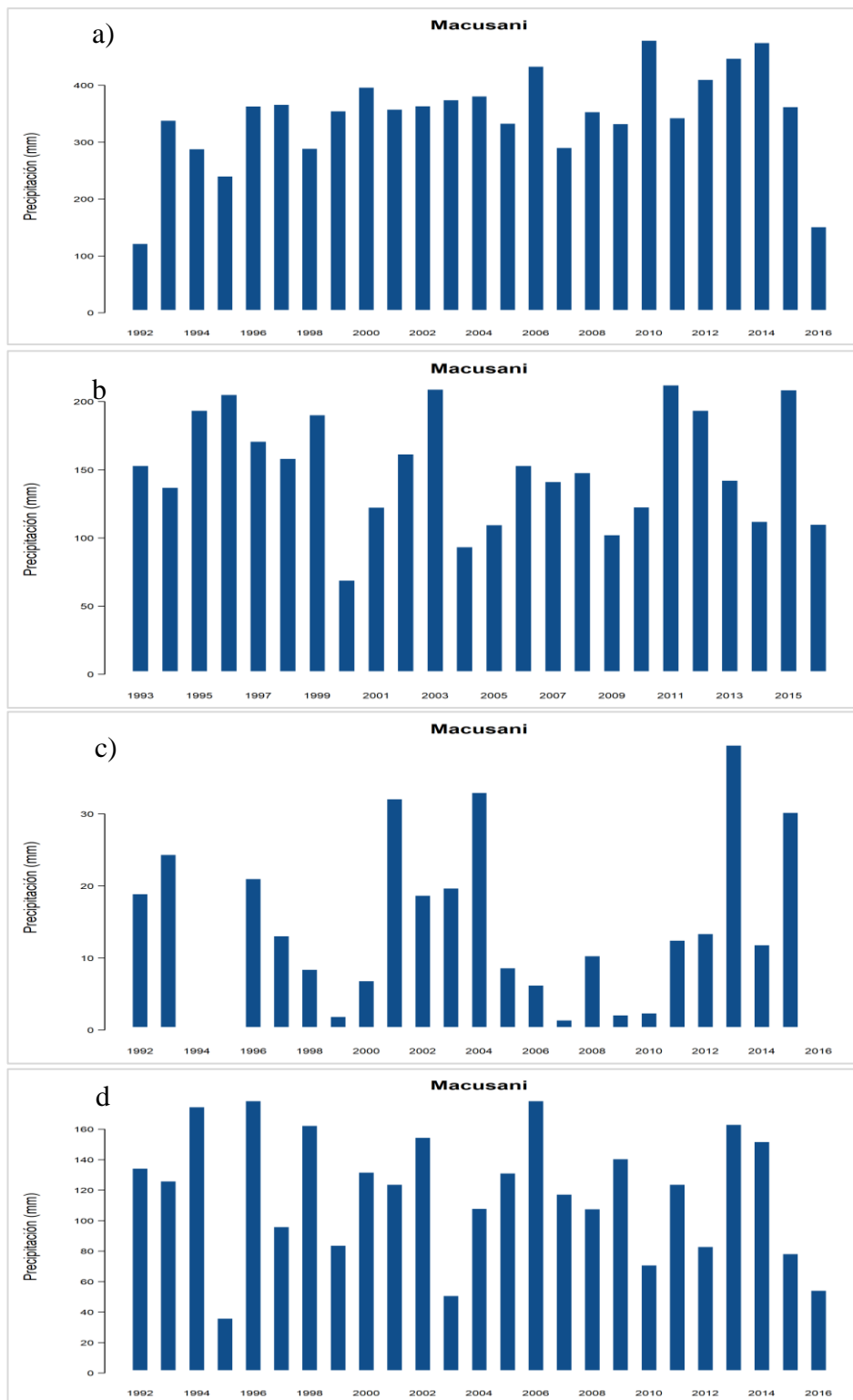


Figura 57. Distribución temporal de la precipitación estacional (mm)

Nota: a) Verano – DEF, b) Otoño – MAM, c) Invierno – JJA y d) Primavera – SON, estación meteorológica Macusani.

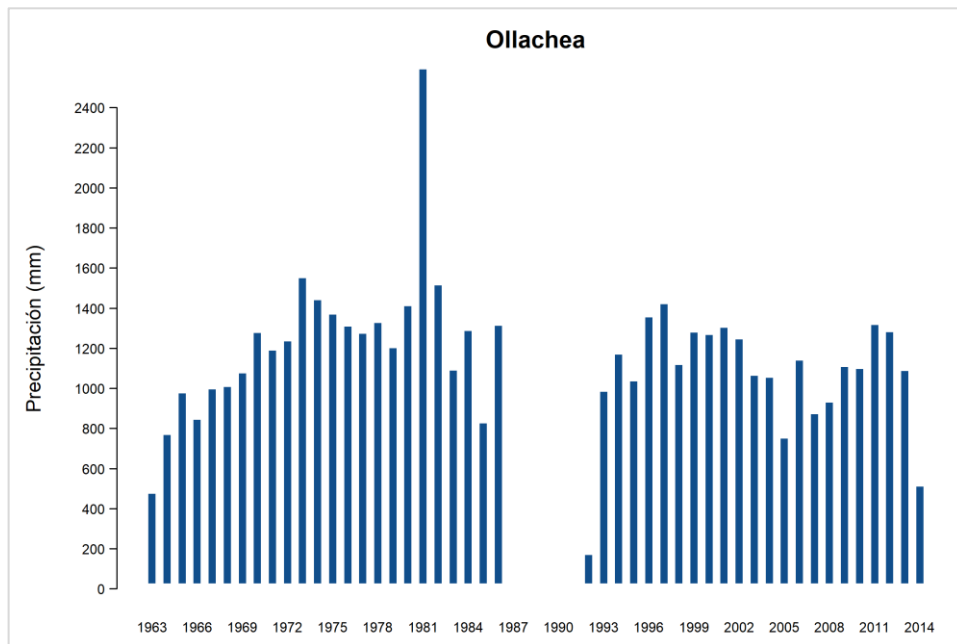


Figura 58. Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica Ollachea.

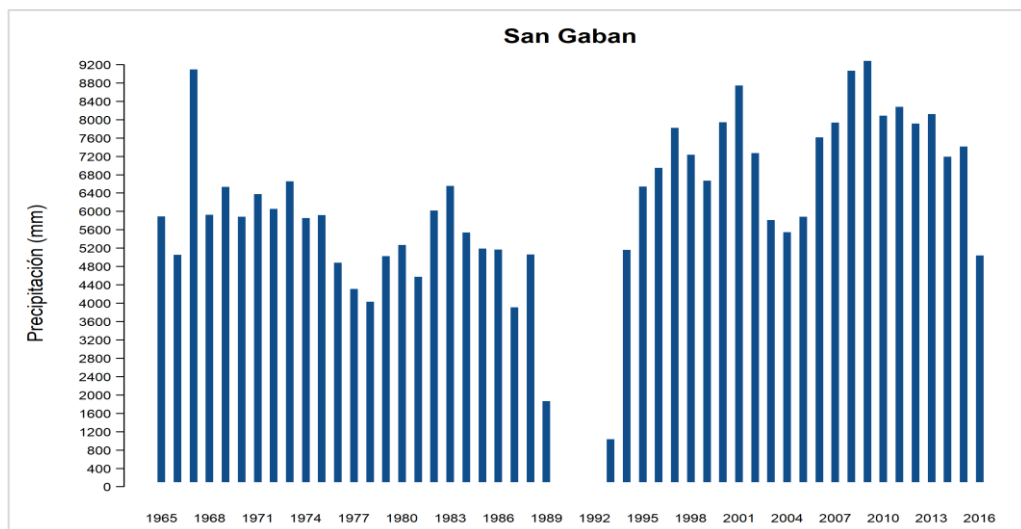


Figura 59. Distribución temporal de la precipitación anual (mm), estación meteorológica San Gabán.

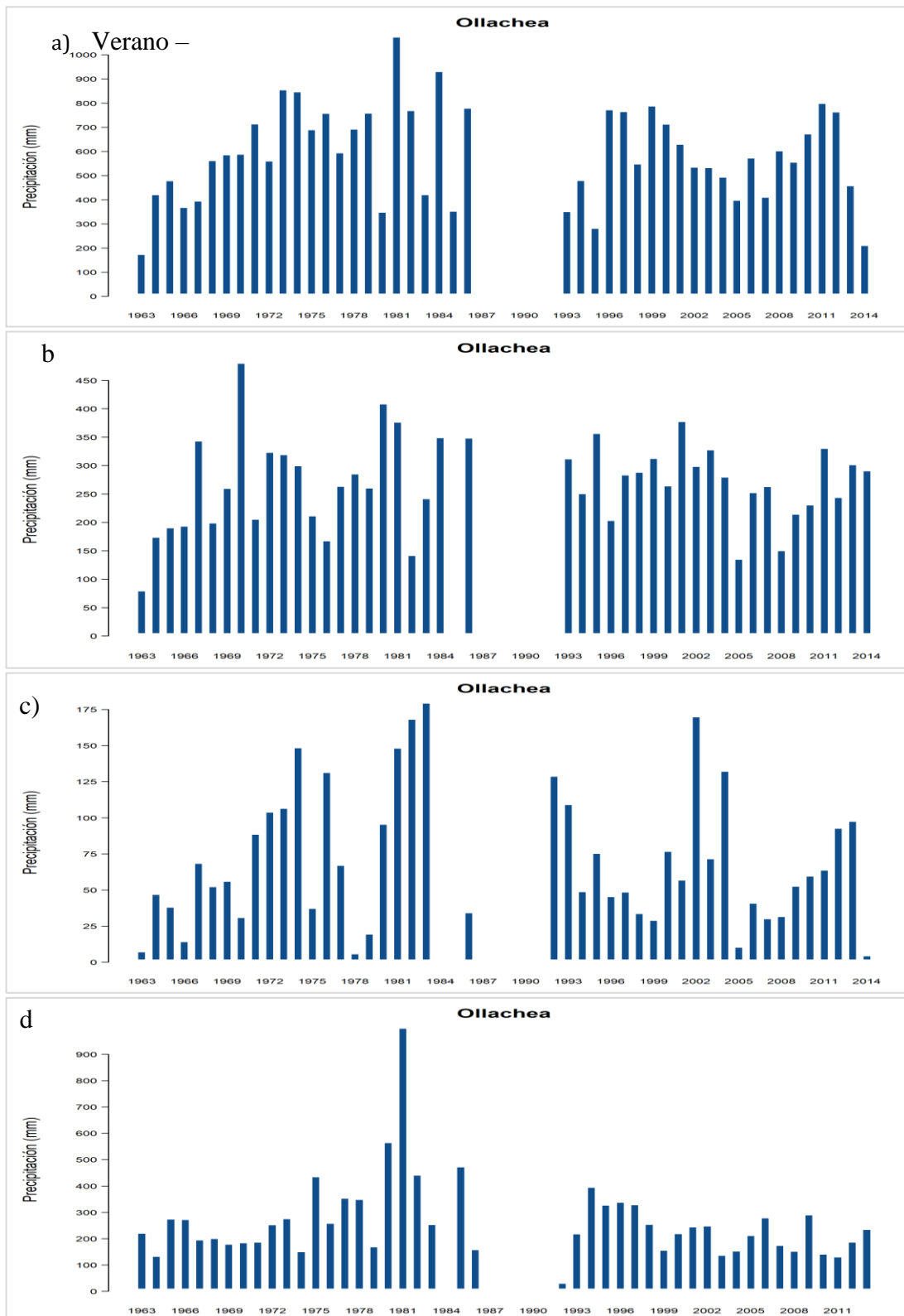


Figura 60. Distribución temporal de la precipitación estacional (mm): a) Verano – DEF, b) Otoño – MAM, c) Invierno – JJA y d) Primavera – SON, estación meteorológica Ollachea.

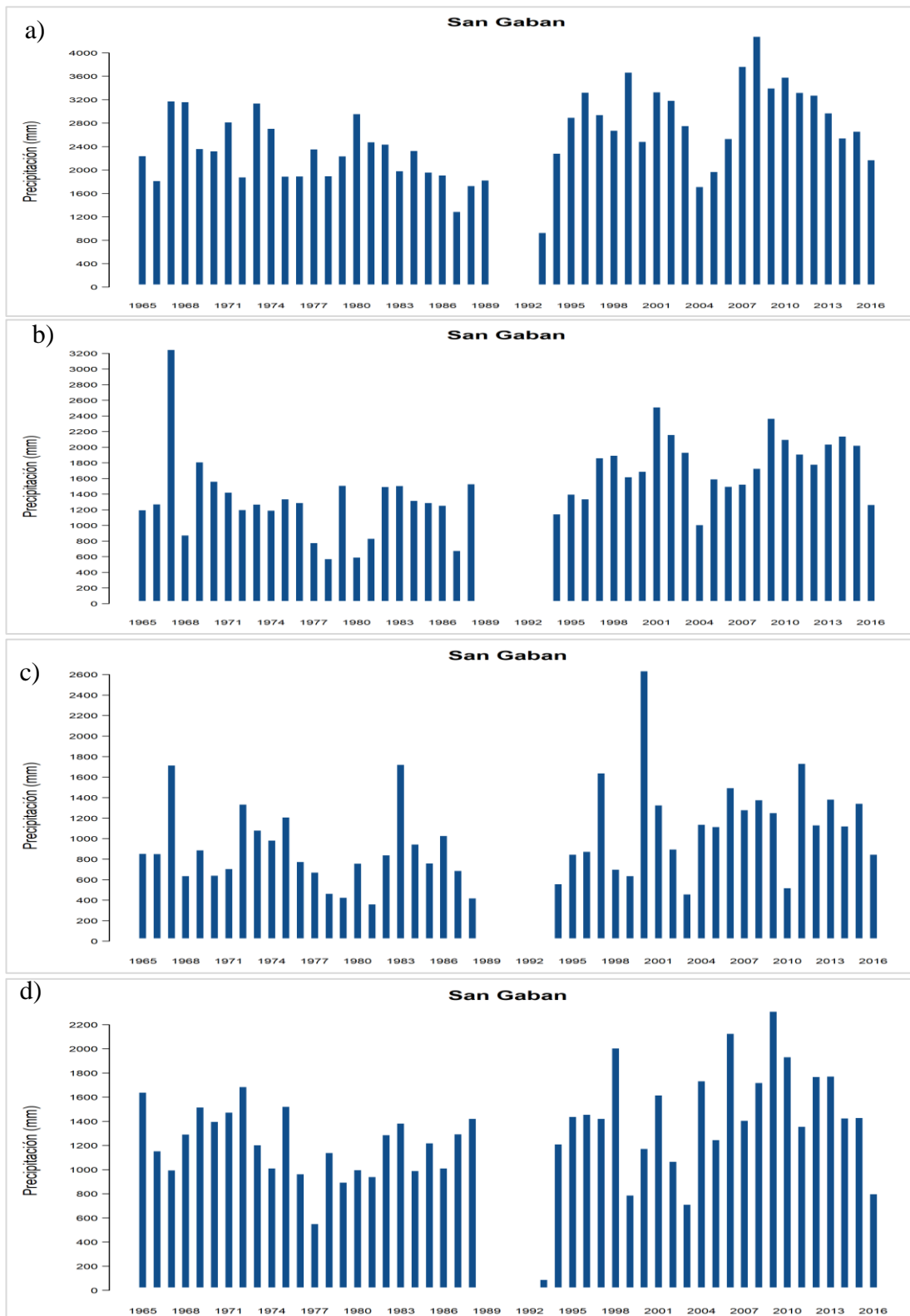


Figura 61. Distribución temporal de la precipitación estacional (mm)
Nota: a) Verano – DEF, b) Otoño – MAM, c) Invierno – JJA y d) Primavera – SON, estación meteorológica San Gabán.

La distribución temporal y espacial de la precipitación total anual y estacional, se ha usado el promedio de la precipitación mensual de los 30 años (1981-2010) y estacional (dic-ene-feb, mar-abr-may, jun-jul-ago, set-oct-nov). Datos climatológicos provenientes de grillados de Worldclim, TRMM y PISCO,

La precipitación medida por el radar de precipitación del satélite TRMM, atrapa los valores extremos que se presentan en la zona tropical de la zona de estudio, por tanto, no solo la estación San Gabán registra los valores extremos, sino que existe una mayor área, y que la información del satélite favorece en el ajuste de la distribución espacial de la precipitación (**Ver figura 62 al 66**).

Para la zona de estudio se tiene una precipitación total promedio anual que varía entre **632 y 7253 mm/año**, registrándose los valores más altos en los distritos de San Gabán, parte baja de Ayapata y Coasa (**Ver figura 62, o ANEXO 22**). Por otro lado, los meses de verano (DEF) presentan mayores acumulados de precipitaciones, con una variación de **349.4 a 3032.4 mm** (**Figura 63, o ANEXO 23**), seguido de otoño (MAM) (**Figura 64, o ANEXO 24**) y primavera (SON) (**Figura 66, o ANEXO 26**), mientras que los acumulados promedios más bajos de precipitaciones, serian para invierno (JJA) 17.2mm a 1144.7mm para toda la zona de estudio (**Figura 65, o ANEXO 25**).

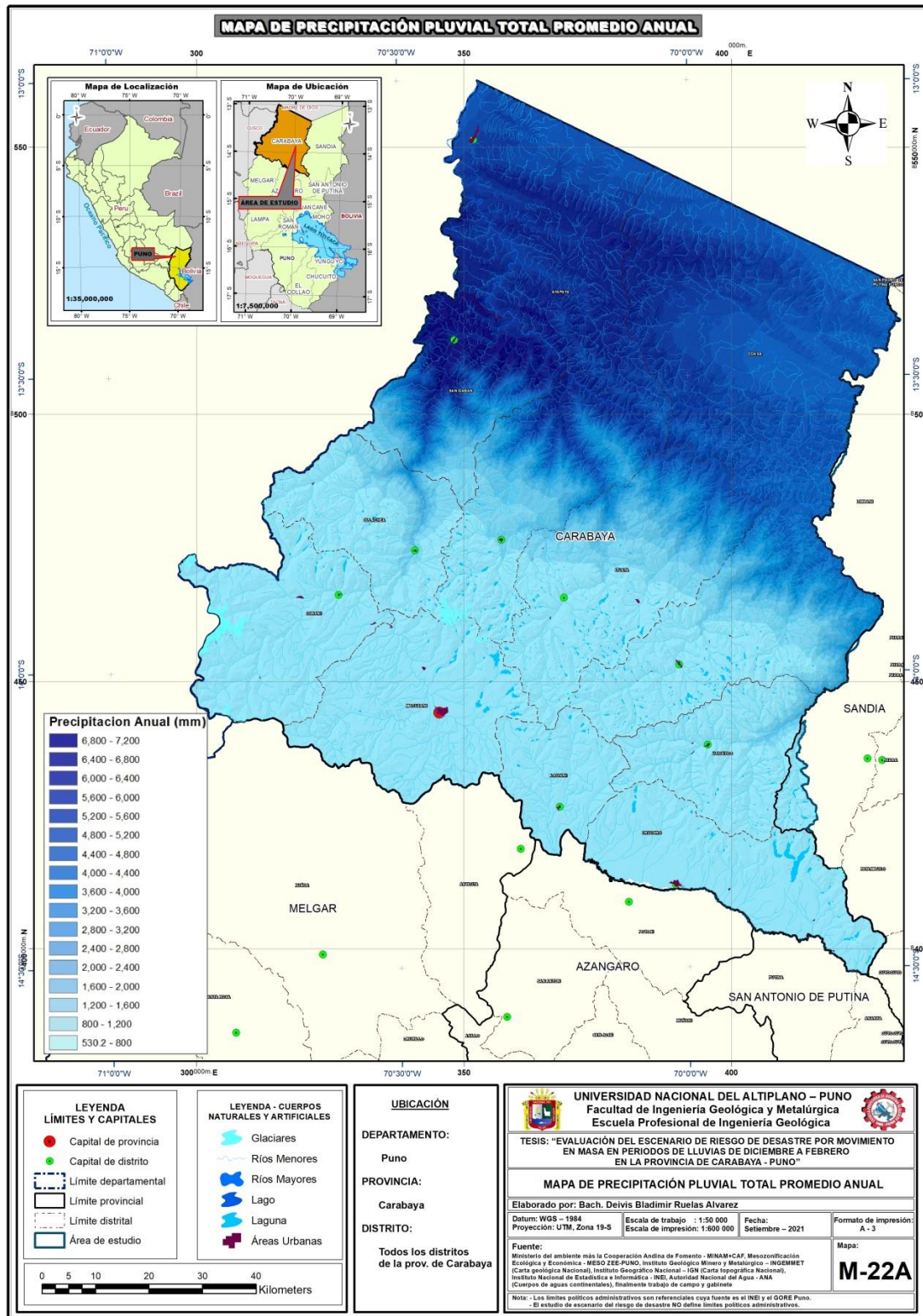


Figura 62. Distribución espacial de la precipitación total anual (mm)

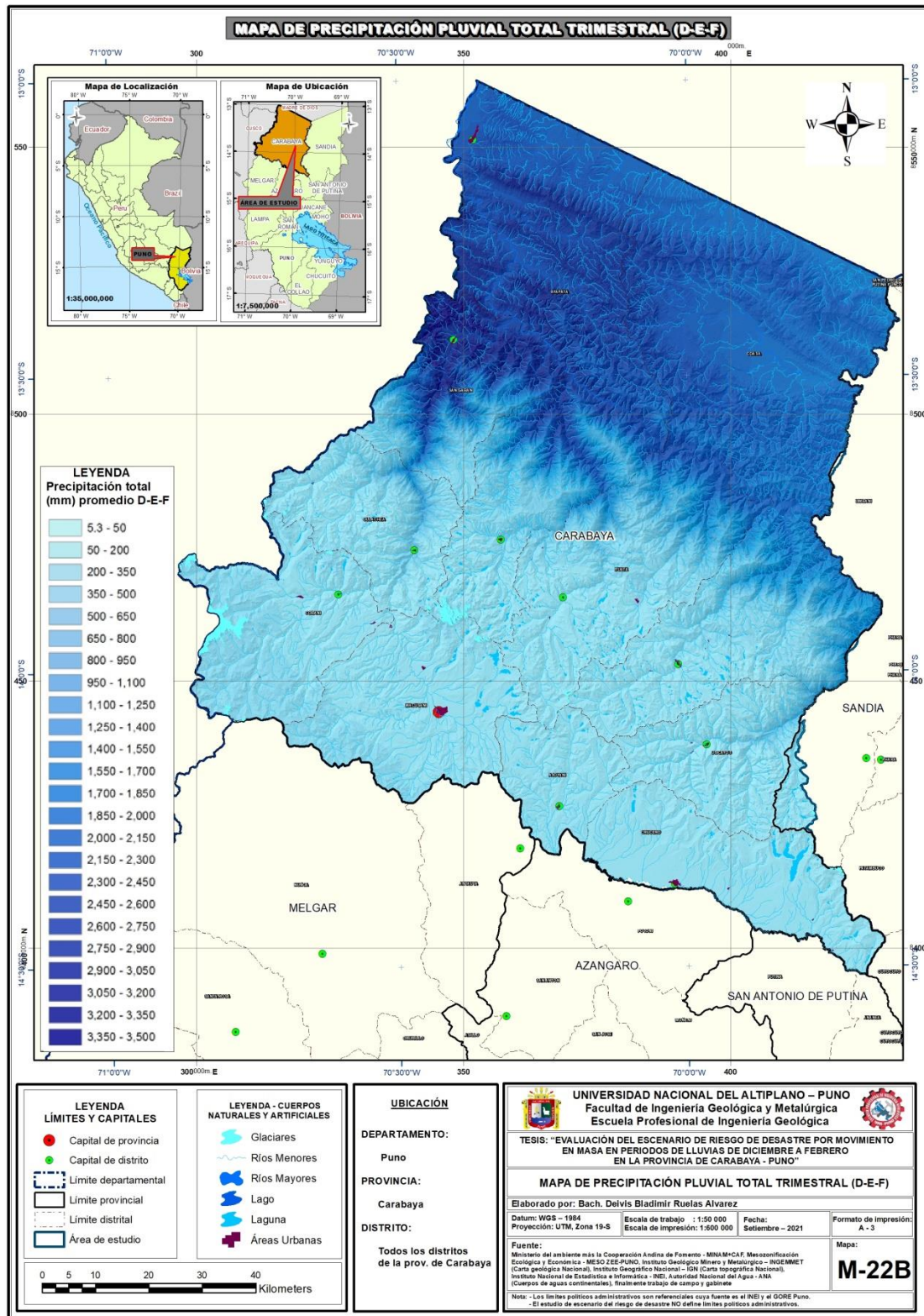


Figura 63. Distribución espacial de la precipitación total promedio para verano (mm) – diciembre - enero - febrero (DEF)

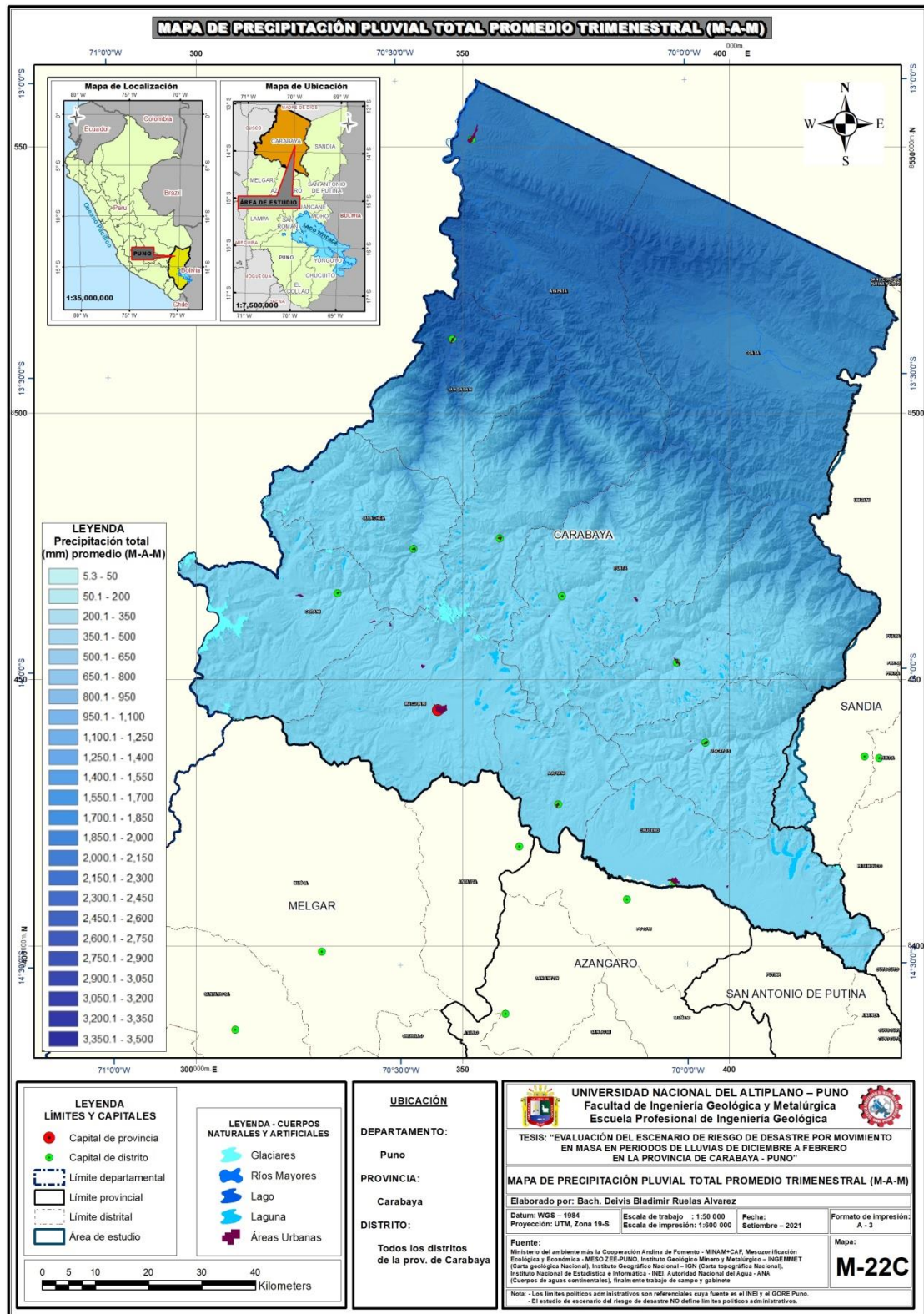


Figura 64. Distribución espacial de la precipitación total promedio para otoño (mm) – marzo-abril-mayo (MAM)

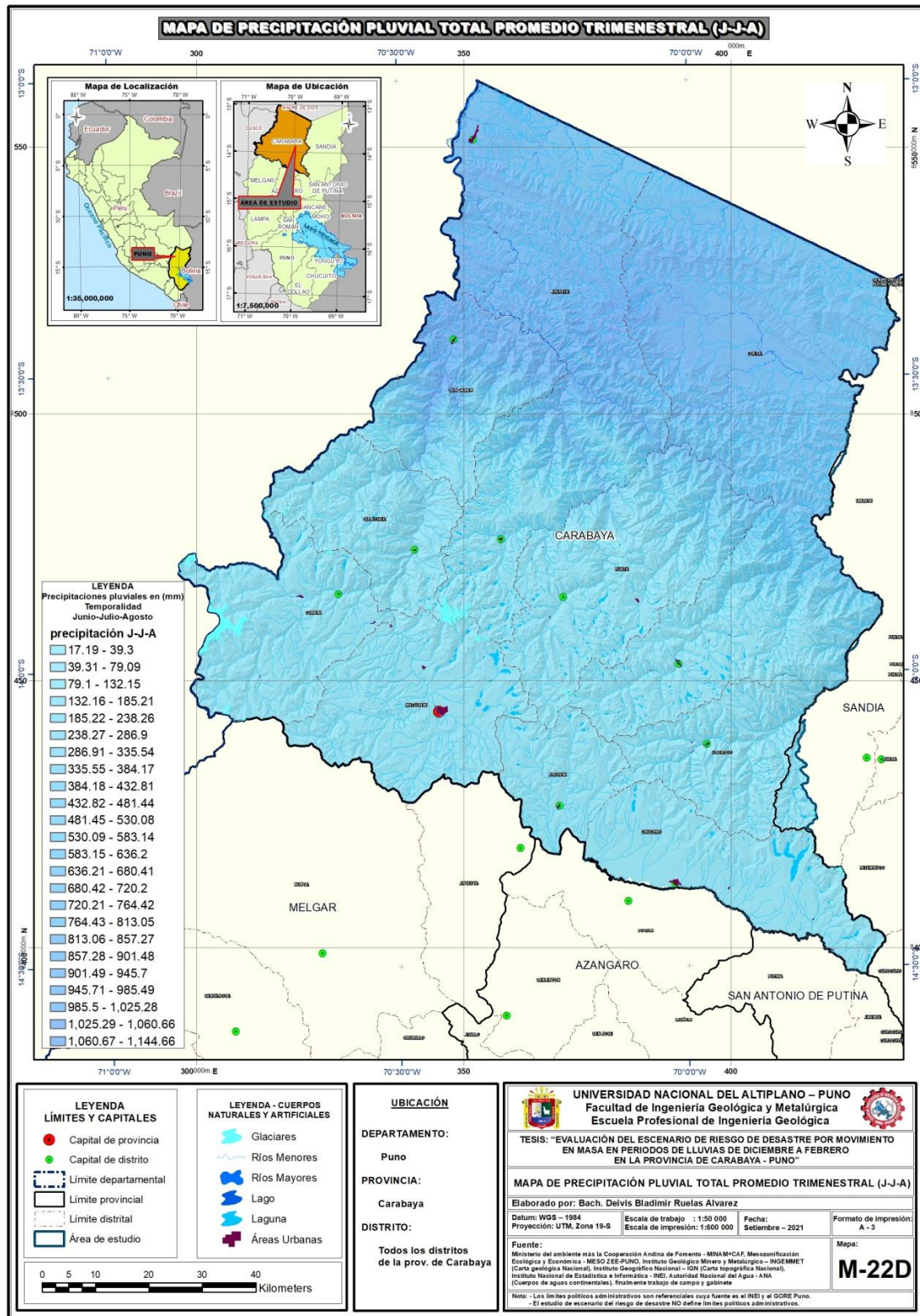


Figura 65. Distribución espacial de la precipitación total promedio para invierno (mm), junio-julio-agosto (JJA)

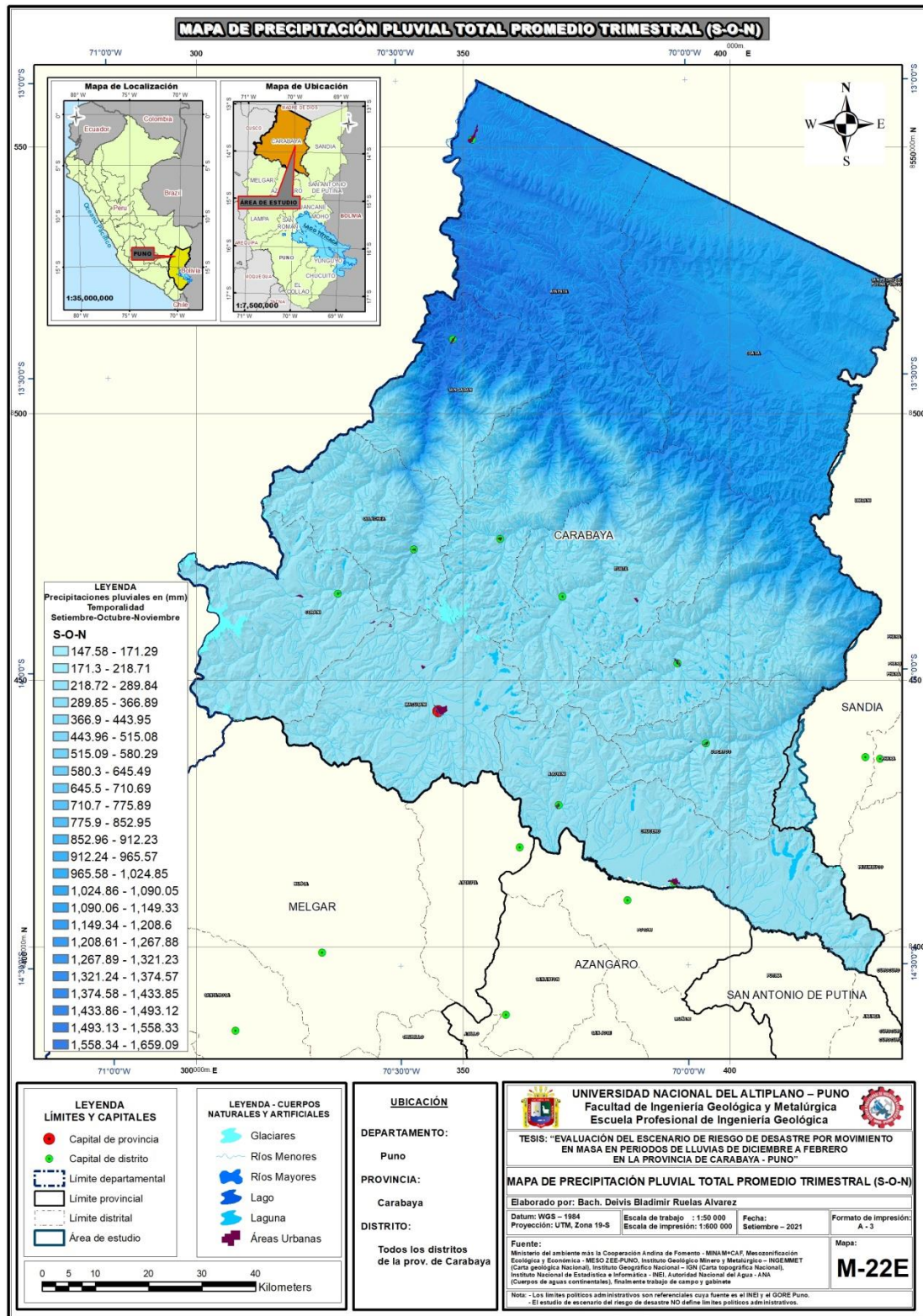


Figura 66. Distribución espacial de la precipitación total promedio para primavera (mm), setiembre-octubre-noviembre (SON)

Finalmente, se han reclasificado y cartografiado a escala 1/50000 cuatro 04 zonas de precipitaciones pluviales (**Figura 67**) de diferentes intensidades de temporalidad trimestral de diciembre-enero-febrero que se usó para el modelamiento del peligro como factor desencadenante así mismo este modelo cartográfico de precipitaciones se muestra en el anexo (**VER ANEXO 06**).

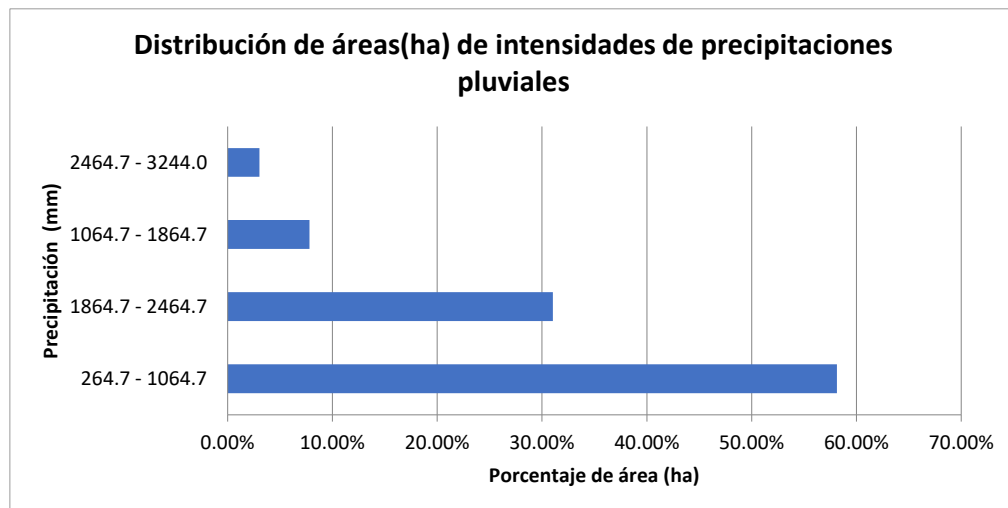


Figura 67. Distribución de las precipitaciones pluviales según zonas lluviosas

4.8. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

Políticamente la provincia de Carabaya se divide en 10 distritos, que a su vez distribuyen su territorio en un total de 43 comunidades según la Base de Datos de Pueblos Indígenas u originarios (BDPI) del Ministerio de Cultura y todas están registradas como Comunidad Campesina Quechua, (**Ver tabla 19**)

Tabla 19

Carabaya: división política de la provincia Carabaya

Distrito	Coordenadas		Altitud
	Latitud	Longitud	msnm
Macusani	14° 03' 51"	70° 25' 45"	4,319
Ajoyani	14° 13' 34"	70° 13' 21"	4,300
Ayapata	13° 50' 30"	70° 13' 21"	3,605
Coasa	14° 03' 15"	69° 57' 50"	3,783
Corani	13° 53' 00"	70° 39' 00"	3,986
Crucero	14° 21' 25"	70° 01' 18"	4,190

Distrito	Coordenadas		Altitud
	Latitud	Longitud	msnm
Ituata	13° 47' 15"	70° 14' 54"	3623
Ollachea	13° 45' 00"	70° 32' 00"	2,725
San Gabán	13° 27' 50"	70° 27' 50"	820
Usicayos	14° 07' 15"	69° 50' 44"	3,875

Nota. Elaborado con base a Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo nacional de población y vivienda 2007.

4.8.1. Aspectos Sociales

4.8.1.1. Población

La población de la provincia de Carabaya al año 2017 se estima en 73,322 personas (INEI 2017). Comparando las cifras de población provincial según sexo, edad y área de residencia de los años 2007 y 2017, podemos apreciar los cambios poblacionales en su estructura.

En la provincia notamos que hay más varones que mujeres en el año 2007, manteniéndose el predominio presentado en el año 2017, este predominio de los varones se expresa en el Índice de masculinidad, que mide la proporción de varones respecto a las mujeres en una determinada población, El índice de masculinidad de Carabaya en el año 2017 es 1,1%, significando que por cada 100 mujeres hay 110 varones (**Ver tabla 20**).

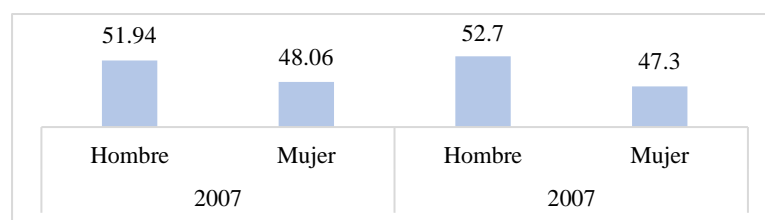


Figura 68. Carabaya: Población Por Sexo, 2007 Y 2017 (Porcentaje)

Nota. Con base a Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo de población y vivienda 2007 y 2017 Elaboración propia.

Tabla 20

Carabaya: población por sexo, según distritos, 2007 y 2017 (Porcentaje)

Provincia y distrito	2007			2017		
	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
Carabaya	73 946	51.94	48.06	73 322	52.70	47.30
Macusani	11 707	49.93	50.07	12 664	48.49	51.51
Ajoyani	1 938	47.52	52.48	2 138	50.56	49.44
Ayapata	8 996	54.18	45.82	9 299	55.84	44.16
Coasa	12 097	52.54	47.46	6 433	50.55	49.45
Corani	3 622	50.86	49.14	4 240	50.35	49.65
Crucero	8 474	49.15	50.85	9 108	49.47	50.53
Ituata	6 108	54.58	45.42	7 526	58.73	41.27
Ollachea	4 919	52.02	47.98	6 090	51.40	48.60
San Gabán	4 022	57.04	42.96	6 832	58.06	41.94
Usicayos	12 063	51.55	48.45	8 992	53.53	46.47

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo de población y vivienda 2007 y 2017.

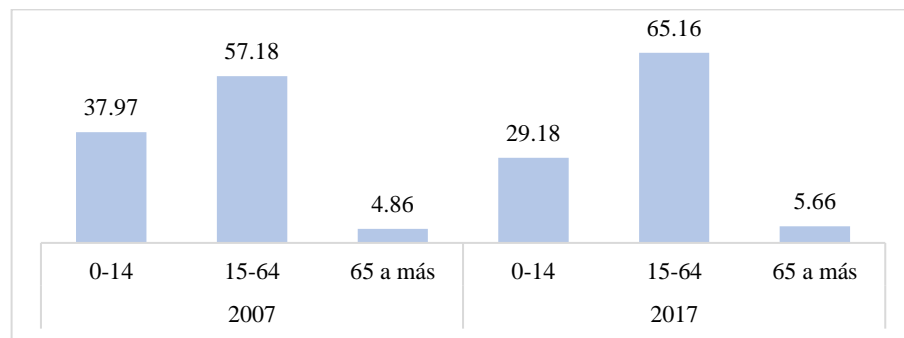


Figura 69. *Carabaya: Evolución de la población por grupos de edad, 2007 Y 2017 (Porcentaje)*

Nota. con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo de población y vivienda 2007 y 2017.

Tabla 21

Carabaya: población por grandes grupos de edad, según distritos, 2007 (porcentaje)

Provincia y distrito	2007				2017			
	Total	0 - 14	15-64	65 y más	Total	0 - 14	15-64	65 y más
Carabaya	73 946	37.97	57.18	4.86	73 322	29.18	65.16	5.66
Macusani	11 707	41.45	53.80	4.75	12 664	34.96	59.80	5.24
Ajoyani	1 938	39.01	55.16	5.83	2 138	29.00	64.73	6.27
Ayapata	8 996	37.25	58.46	4.29	9 299	23.48	70.18	6.34
Coasa	12 097	34.28	60.21	5.51	6 433	31.40	61.51	7.09
Corani	3 622	42.85	51.66	5.49	4 240	34.86	60.12	5.02
Crucero	8 474	38.48	55.52	5.99	9 108	31.12	62.46	6.42
Ituata	6 108	36.87	59.12	4.01	7 526	22.07	71.98	5.95
Ollachea	4 919	41.74	52.27	6.00	6 090	38.47	56.09	5.44
San Gabán	4 022	33.14	63.08	3.78	6 832	24.91	71.50	3.59
Usicayos	12 063	37.45	58.65	3.90	8 992	23.63	70.96	5.40

Nota. Con base a Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo de población y vivienda 2007 y 2017.

La estructura poblacional de la provincia por **área de residencia** muestra una mayor cantidad de personas en el área rural que en el área urbana, El año 2007 el 58,98% de habitantes de la provincia de Carabaya se encontraba en el área rural y en el año 2016 se observa un incremento pasando al 59,66%. Esta situación no resulta típica en el país en donde el proceso de urbanización es creciente,

Los distritos con mayor participación rural en el año 2016, sobre el promedio provincial, son Ituata (88,32%), Usicayos (80,21%), Ayapata (70,76%) y Ollachea (68,77%), Y los distritos cuya población es principalmente urbana son: Macusani (18,9%), Crucero (40,04%), Ajoyani (40,41%) y Coasa (45,03%), **(Ver tabla 22)**.

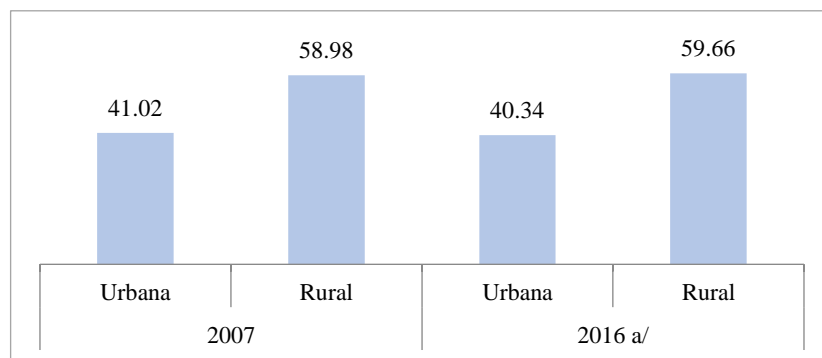


Figura 70. Carabaya: Evolución de la población por área de residencia, 2007, 2016. (Porcentaje)

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo de población y vivienda 2007

Tabla 22*Carabaya: Población por área de residencia, según distritos, 2007 y 2016 (Porcentaje)*

Provincia y distrito	2007			2016 a/		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Carabaya	73 946	41.02	58.98	119 769	40.34	59.66
Macusani	11 707	73.84	26.16	14 667	81.10	18.90
Ajoyani	1 938	58.31	41.69	2 234	59.59	40.41
Ayapata	8 996	25.43	74.57	13 785	29.24	70.76
Coasa	12 097	47.64	52.36	18 604	54.97	45.03
Corani	3 622	24.13	75.87	5 773	51.86	48.14
Crucero	8 474	53.93	46.07	10 163	59.96	40.04
Ituata	6 108	8.76	91.24	6 862	11.68	88.32
Ollachea	4 919	32.93	67.07	6 078	31.23	68.77
San Gabán	4 022	32.02	67.98	4 448	37.97	62.03
Usicayos	12 063	29.98	70.02	37 157	19.79	80.21

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo de población y vivienda 1993 y 2007, proyección 2016.

4.8.1.2. Índices Demográficos

En ese sentido se ha analizado la tasa de crecimiento para la provincia de Carabaya, como se puede apreciar en el **Grafico 71**, se han considerado 2 periodos intercensales 1993-2007 y 2007-2017.

El crecimiento poblacional registrado en Carabaya en el período intercensal 1993 – 2007 es de 46,777 a 73,946 habitantes, corresponde a una tasa de crecimiento anual de 3,3%, para el periodo intercensal 2007-2017, la población de Carabaya es de 73322, menor a la población del año 2007, con una tasa de crecimiento negativa de -0.085% (**Ver tabla 23**)

De acuerdo a proyecciones realizadas, la población provincial proyectada al año 2040 correspondería a 97539 personas, estimado con una tasa de crecimiento anual de 1,24%.

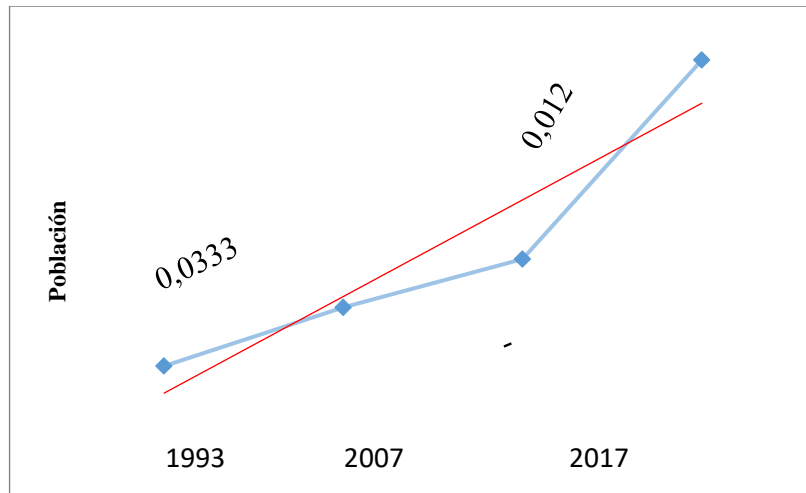


Figura 71. Carabaya: Tasa de crecimiento de la población y proyección al 2040 (Porcentaje)

Nota: La población estimada al 2040 corresponden a cifras referenciales. Con base a datos Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo de población y vivienda 2007 y 2017.

Tabla 23

Carabaya: tasa de crecimiento poblacional y proyección al 2040 según distrito

Provincia y distrito	Población		Población estimada		Tasa de crecimiento	
	1993	2007	2017	2040a/	1993-2007	2007-2017
Carabaya	46777	73946	73322	97539	0,0333	-0.00085
Macusani	8957	11707	12664	2684	0,0193	0.00789
Ajoyani	1563	1938	2138	10037	0,0155	0.00987
Ayapata	4864	8996	9299	1605	0,0449	0.00332
Coasa	6684	12097	6433	6117	0,0433	-0.06120
Corani	2868	3622	4240	10761	0,0168	0.01588
Crucero	6633	8474	9108	12253	0,0177	0.00724
Ituata	5194	6108	7526	15188	0,0116	0.02110
Ollachea	3583	4919	6090	10028	0,0229	0.02158
San Gabán	3554	4022	6832	24225	0,0089	0.05441
Usicayos	2877	12063	8992	4640	0,1078	-0.02895

Nota. Con base a datos Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo de población y vivienda 2007 y 2017.

4.8.1.3. Densidad Poblacional

Con base a la información censal se estima que al año 2017 la densidad poblacional se ha reducido en 0,05%, de 6,03 hab./km² en el año 2007 a 5,88 hab./km² en el 2017, **Gráfico 72**; lo que corresponde a una

densidad baja, es importante mencionar que, en el año 1993, año censal, Carabaya presentaba una densidad de 2,7 hab./km²,

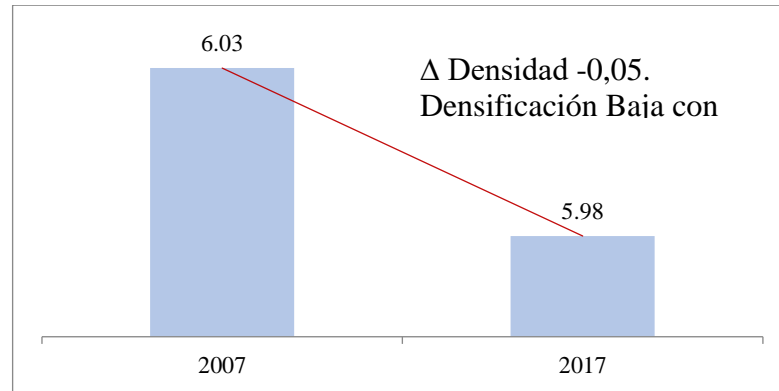


Figura 72. Carabaya: Densidad poblacional 2007 y 2017 (Habitante por kilómetro cuadrado)

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo nacional de población y vivienda 2007 y 2017.

Los distritos de Carabaya como, Usicayos (13,96 hab, /km²), y Coasa (1,80 hab, /km²), presentan una reducción en su densidad poblacional; explicada por la **migración fuera del distrito**, impulsados por la baja actividad productiva del distrito, de otro lado, los distritos de Ituata, Ollachea y San Gabán, han experimentado los mayores cambios en su densidad, la cual es población atraída por la actividad minera de Carabaya y cultivos de selva en los distritos mencionados (**Ver tabla 24**).

Tabla 24*Carabaya: densidad poblacional, según distrito, 2007 y 2017*

Provincia y distrito	Población		Superficie (KM ²)	Densidad promedio		Δ	Cambio de densidad
	2007	2017		2007	2017		
Carabaya	73 946	73322	12 266	6.03	5.98	-0.05	Baja densificación
Macusani	11 707	12664	1 029,56	11.37	12.30	0.93	Densificación media
Ajoyani	1 938	2138	413,11	4.69	5.18	0.48	Densificación media
Ayapata	8 996	9299	1 091,61	8.24	8.52	0.28	Densificación media
Coasa	12 097	6433	3 572,91	3.39	1.80	-1.59	Baja densificación
Corani	3 622	4240	852,99	4.25	4.97	0.72	Densificación media
Crucero	8 474	9108	836,37	10.13	10.89	0.76	Densificación media
Ituata	6 108	7526	1 201	5.09	6.27	1.18	Densificación media
Ollachea	4 919	6090	595,79	8.26	10.22	1.97	Densificación media
San Gabán	4 022	6832	2029,22	1.98	3.37	1.38	Densificación media
Usicayos	12 063	8992	644,04	18.73	13.96	-4.77	Baja densificación

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo Nacional de población y vivienda 2007 y 2017.

4.8.1.4. Indicadores Sociales

- **Índice de desarrollo humano (IDH)**

El IDH (Índice de Desarrollo Humano) según el Ministerio de Economía y Finanzas - MEF, es una medida sinóptica del desarrollo humano, Mide los adelantos medios de un país en tres aspectos básicos del desarrollo humano: 1) una vida larga y saludable, medida por la esperanza de vida al nacer; 2) conocimientos, medidos por la tasa de alfabetización de adultos (con una ponderación de dos tercios) y la combinación de las tasas brutas de matrícula primaria, secundaria y terciaria (con una ponderación de un tercio); 3) y un nivel de vida decoroso, medido por el PIB (Producto Bruto Interno) per cápita.

El PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), clasifica los países en tres grupos según el IDH (Índice de Desarrollo Humano) alcanzado; si el IDH es menor a 0,5 ($IDH < 0,5$), el desarrollo humano alcanzado es bajo.

En el período 2007 – 2012 es poca la mejora en la calidad de vida de la población de Carabaya, de un IDH de 0,2075 ha aumentado a 0,2648, Gráfico 22, Todos los distritos de la provincia presentan en el año 2012 un IDH menor a 0,5, correspondiendo a un nivel de desarrollo humano bajo, (Ver figura 73).

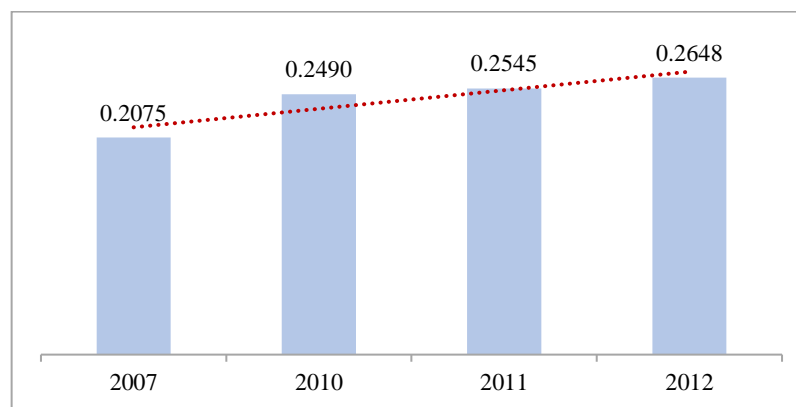


Figura 73. Carabaya: evolución del Índice de Desarrollo Humano 2007, 2010-12 (Porcentaje)

Nota. Con base a datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) – Índice de desarrollo humano: departamental, provincial y distrital 2012.

- **Pobreza**

Según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) se considera pobres monetarios, a las personas que residen en hogares cuyo gasto per cápita es insuficiente para adquirir una canasta básica de alimentos y no alimentos (vivienda, vestido, educación, salud, transporte, etc.), Son pobres extremos aquellas personas que integran hogares cuyos gastos per

cápita están por debajo del costo de la canasta básica de alimentos. La “Línea de Pobreza”, cuyo costo para el año 2017 fue S/ 338 por persona (para una familia de cuatro miembros el costo de la canasta es de S/ 1,352), Las personas cuyo gasto per cápita es menor a la Línea de Pobreza son considerados pobres.

El nivel de pobreza en Carabaya en el período 2007 – 2013 se ha reducido, de 84,90% a 50,20%, pero sigue siendo alto, tal como se aprecia en la **figura 74**

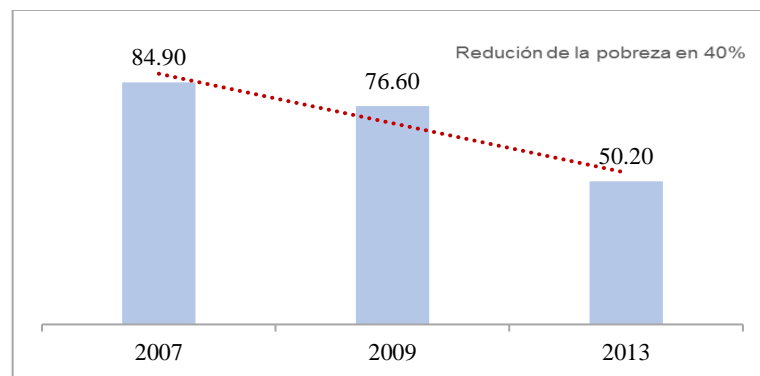


Figura 74. Carabaya: Cambio en los niveles de pobreza 2007, 2009, 2013 (Porcentaje)
Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Mapa de Pobreza Provincial y distrital 2007, 2009 y 2013.

4.8.1.5. Vivienda

La población de Carabaya, en el año 2017, se ubicaba principalmente en viviendas particulares propias (81,4%) y en menor medida en viviendas alquiladas (8,2%), el 10,3% se ubica en otro tipo de viviendas, del total de viviendas en Carabaya (23850), solo el 36,5% tiene título de propiedad, el restante 63, % no posee título según censo población y vivienda. INEI- 2017.

Entre el período 2007 – 2017, el material predominante de las paredes de las viviendas de Carabaya sigue siendo adobe y barro, tal como se aprecia

en el **Gráfico 75**, En el año 2017, las viviendas particulares con paredes de adobe eran 50,6%, barro 22,1%, ladrillo 5,1% y otros materiales 22,2%.

En cada uno de los distritos de la provincia se aprecia el predominio de paredes de adobe y barro, sin embargo, es importante notar que en algunos ha habido modificaciones importantes en el período mencionado, En el 2017 los distritos que han incorporado de manera significativa viviendas con paredes de ladrillo son Ollachea (11,7%), Macusani (10,2%) y Coasa (7,0%),

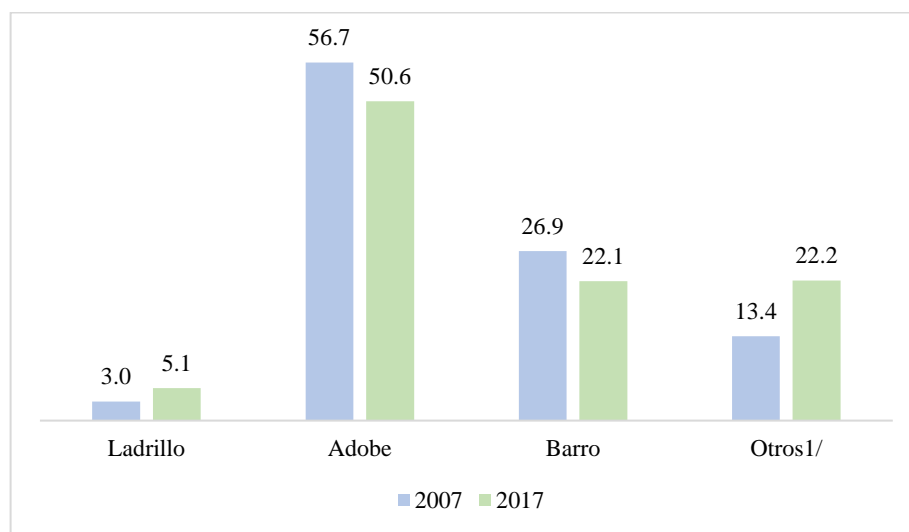


Figura 75. Carabaya: Material predominante de las paredes 2007 y 2017 (Porcentaje)
Nota: Otros1/Quincha, madera y piedra con sillar, cal o cemento. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo nacional de población y vivienda 2007 y 2017

El material predominante de piso de las viviendas tanto en el año 2007 y 2017 es tierra, 84,87% y 81,98%, respectivamente, En el 2017 en la provincia las viviendas particulares con piso de cemento fueron 10,32 %, con piso de madera es 7.11% y otros con 0.59% (**Ver figura 76**).

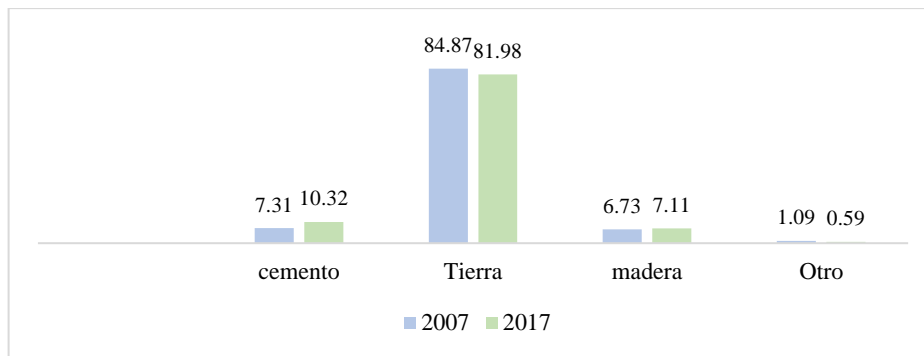


Figura 76. Carabaya: material predominante de los pisos 2007 y 2017 (Porcentaje)
Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo nacional de población y vivienda 2007 y 2017.

Respecto al material de techos en las viviendas, en general el 64,0% de las viviendas de los 10 distritos que conforman la provincia Carabaya, es calamina o teja 30,71% es material precario.

El predominio de viviendas de barro y adobe va en relación con el predominio de la población en el área rural, cosa contraria en las capitales distritales, preferentemente urbanas, donde resalta la calamina y el cemento, bajo modelos de ciudad costera, Al respecto, las condiciones de habitabilidad de las viviendas rurales van cambiando progresivamente a favor de la salubridad y la comodidad, pero deberían seguir guardando relación con la actividad económica de la familia campesina.

El acceso de la población a los servicios básicos, agua, luz y desagüe, en sus viviendas, se ha ampliado entre los años 2007 y 2017; sin embargo, todavía esa cobertura es limitada, En el 2017 las viviendas particulares con electricidad, agua y desagüe fueron, 54,02%, 42,46%, 31,58% respectivamente, como se muestra en la **Figura 77**, Un elemento en contra del acceso a los servicios es la dispersión de la población rural, más no una justificación.

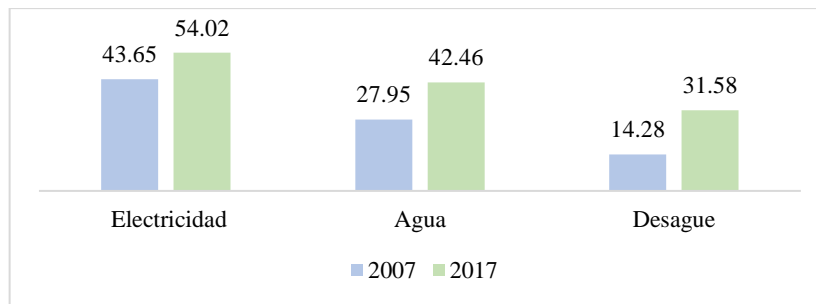


Figura 77. Carabaya: Servicios básicos 2007 Y 2017 (Porcentaje)

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo nacional de población y vivienda 2007 y 2017.

Para el año 2017, según resultados del censo XII de población y VII de vivienda, publicados por el INEI-2018 los distritos que cuentan con más del 50% de sus viviendas con servicio de electricidad son Macusani, Ollachea, Ayapata, Coasa, Crucero y Corani.

4.8.1.6. Educación

Entendiendo a la educación como una condición para el desarrollo de las personas y de la provincia, analizaremos la cobertura y calidad del servicio educativo mediante indicadores como analfabetismo.

Como resultado de la ampliación de los servicios educativos en el país y también en Carabaya, se aprecia que hay una mejora en el nivel educativo de la población, si se compara el año 2017 con el año 2007, (**Ver figura 78**).

Si analizamos el nivel educativo de toda la población y comparamos entre los años mencionados, se aprecia que ha mejorado el nivel educativo, sobre todo en el nivel secundario donde para el año 2017, el 37,13% de la población cuenta con ese nivel, así también es notable el incremento de población con superior universitaria y no universitaria con 4,27% y 3,87% para el 2017 respectivamente, superando al año 2007 donde estos niveles educativos se situaron en 2,3% y 2,7% respectivamente, (**Ver tabla 25**).

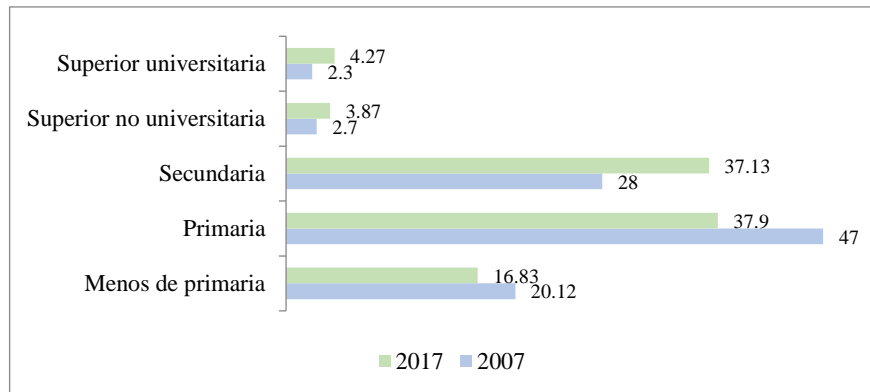


Figura 78. Carabaya: Nivel educativo alcanzado 2007 Y 2017 (Porcentaje)

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo nacional de población y vivienda 1993 y 2017.

Tabla 25

Carabaya: nivel educativo, según distrito, 2007 y 2017 (Porcentaje)

Provincia y distrito	Nivel educativo									
	2007					2017				
	Menos de primaria	Primaria	Secundaria	Superior no univ.	Superior univ.	Menos de primaria	Primaria	Secundaria	Superior no univ.	Superior univ.
Carabaya	20.12	47.14	27.75	2.69	2.3	16.83	37.9	37.13	3.87	4.27
Macusani	22.33	43.28	24.34	5.52	4.53	20.04	35.35	31.67	6.92	6.01
Ajoyani	20.37	47.15	27.96	3.02	1.5	16.52	34.56	33.92	7.72	7.28
Ayapata	16.76	49.53	29.85	2.2	1.66	14.6	39.55	40.69	2.54	2.62
Coasa	20.15	44.61	31.48	2.11	1.65	16.83	41.23	37.01	1.98	2.95
Corani	23.49	56.95	17.08	1.56	0.93	21.04	39.97	33.04	3.29	2.66
Crucero	20.12	47.74	26.15	2.35	3.64	14.42	36.34	36.5	5.28	7.47
Ituata	19.09	50.62	27.68	1.55	1.05	14.82	37.56	43.07	2.29	2.26
Ollachea	28.84	50.17	15.75	2.54	2.7	22.02	42.89	28.61	2.69	3.78
San Gabán	14.11	43.12	35.13	4.55	3.08	11.23	32.92	44.11	5.37	6.37
Usicayos	18.43	46.68	32.32	1.47	1.1	17.75	39.52	39.75	1.28	1.7

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censo de población y vivienda 2007 y 2017.

4.8.1.7. Salud

El estado de salud de la población es uno de los principales aspectos a analizar, así como el acceso que ésta tiene a los servicios públicos, en tanto factor básico para la existencia humana.

La manera principal de acceder al servicio de salud de la población de Carabaya, que se encuentra en situación de pobreza, es a través del Seguro Integral de Salud (SIS), a este sistema se encuentran afiliadas 55,477

personas en el año 2016, entre el año 2007 y 2016 el número de afiliados se incrementado en 122,86% afiliados, (**Ver figura 79**).

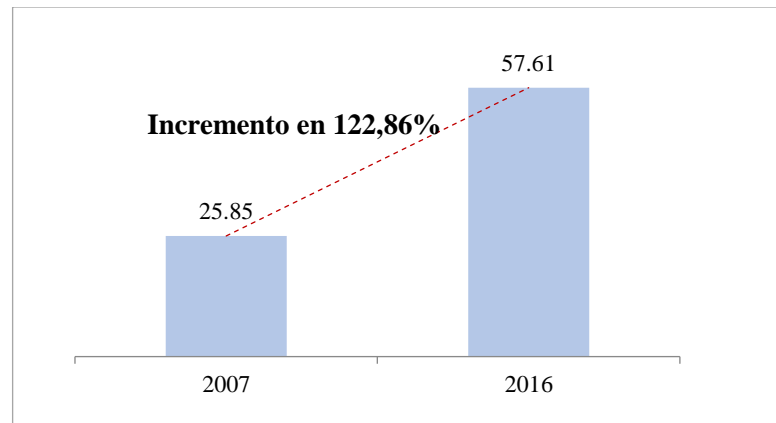


Figura 79. Carabaya: cobertura del sistema integral de salud 2007 y 2016 (Porcentaje)
Nota. Con base a datos del Ministerio de Salud (MINSA) - Sistema Integral de Salud 2017.

4.8.2. Aspectos Económicos

4.8.2.1. Sectores económicos

La estructura económica de la provincia de Carabaya, a partir de la distribución de la PEA por actividades económicas se caracteriza por el predominio de las actividades primarias, esto lo apreciamos en los años 1993 y 2007, En el año 2007 la participación del **Sector Primario** constituido por las actividades agrarias, pesca y minería es 74,34%, el **Sector Secundario** con las actividades de transformación tiene una participación de 6,51% y el **Sector Terciario** con las actividades de servicio participa con 14%, como se muestra en la **Tabla 26**

Tabla 26
Carabaya: estructura económica

Actividades	1993		2007		Variación	
		%		%		%
Total	16 555	100	23 939	100	7 384	0
Primaria	10419	62.94	17678	74.34	7259	11.41

Secundaria	994	6.00	1 433	6.51	439	0.51
Terciaria	5 142	31.06	4 828	19.14	-314	-11.92

Nota. Con base a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Censo nacional de población y vivienda 1993 y 2007.

Dado que la mayor actividad económica es el sector primario y considerando su exposición al peligro por movimiento en masa, haremos énfasis en estas actividades económicas como elementos vulnerables.

4.8.2.2. Infraestructura económica vial

Así mismo, la principal infraestructura económica en la provincia de Carabaya son las vías de comunicación terrestre (**Ver tabla 27**), conformada por vías que corresponden a rutas nacionales (300.87 km), como la carretera Interoceánica; rutas departamentales (1379,57 km), rutas vecinales (0.71 km), y rutas no registradas (501.40); Las rutas nacionales permiten integrar a otros departamentos y las rutas departamentales integran a sus provincias, y las rutas vecinales integran a sus distritos y centros poblados, Cabe resaltar que la oferta vial local o vecinal es limitada, de los caminos estrictamente vecinales con características medias para la circulación, el resto de los caminos de la provincia por los que transitan con muchas limitaciones, los camiones, autos y vehículos menores, son trochas carrozables a excepción de algunas vías como la vía interoceánica de carácter asfaltado.

Tabla 27

Carabaya: características de las vías de comunicación terrestre

Clase de Vía	Estado de la Vía	Longitud de la Vía (Km)
Red vial Nacional	Asfaltado	300.87
Red vial Departamental	Afirmado	317.97
	Sin afirmar	69.44
Vecinal	Trocha	992.17
	Trocha	0.71
No registrado	Afirmado	16.58
	Trocha	484.82
Total		2182.56

Nota. Con base a datos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) – 2018



CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO POR MOVIMIENTO EN MASA

Para la evaluación del escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa en nuestra área de estudio es de vital importancia rastrear los eventos de movimientos en masa suscitados, para tener claridad al problema que nos enfrentamos, por tanto el Instituto Geológico Minero Metalúrgico - INGEMMET y el Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI son las fuentes de mayor alcance que nos ayuda a recaudar eventos de fenómenos naturales de diferentes tipologías ocurridos, que plasmamos a continuación en el diagnóstico del peligro.

5.1.1. Diagnóstico del peligro

En el área de intervención se han identificado peligros puntuales por el organismos técnico científico estatal como el INGEMMET, así como también el órgano competente en reportar emergencias como es el INDECI mediante su plataforma de Sistema Nacional de Información para la prevención y Atención de Desastres SINPAD, donde al recopilar ambas bases de datos de ambas instituciones sumando un total de 666 eventos fenomenológicos naturales y artificiales (**Ver figura 80**) que corresponde entre los años 2000 al 2017, dentro de ello en de mayor recurrencia corresponde a los flujos de detritos y las heladas.

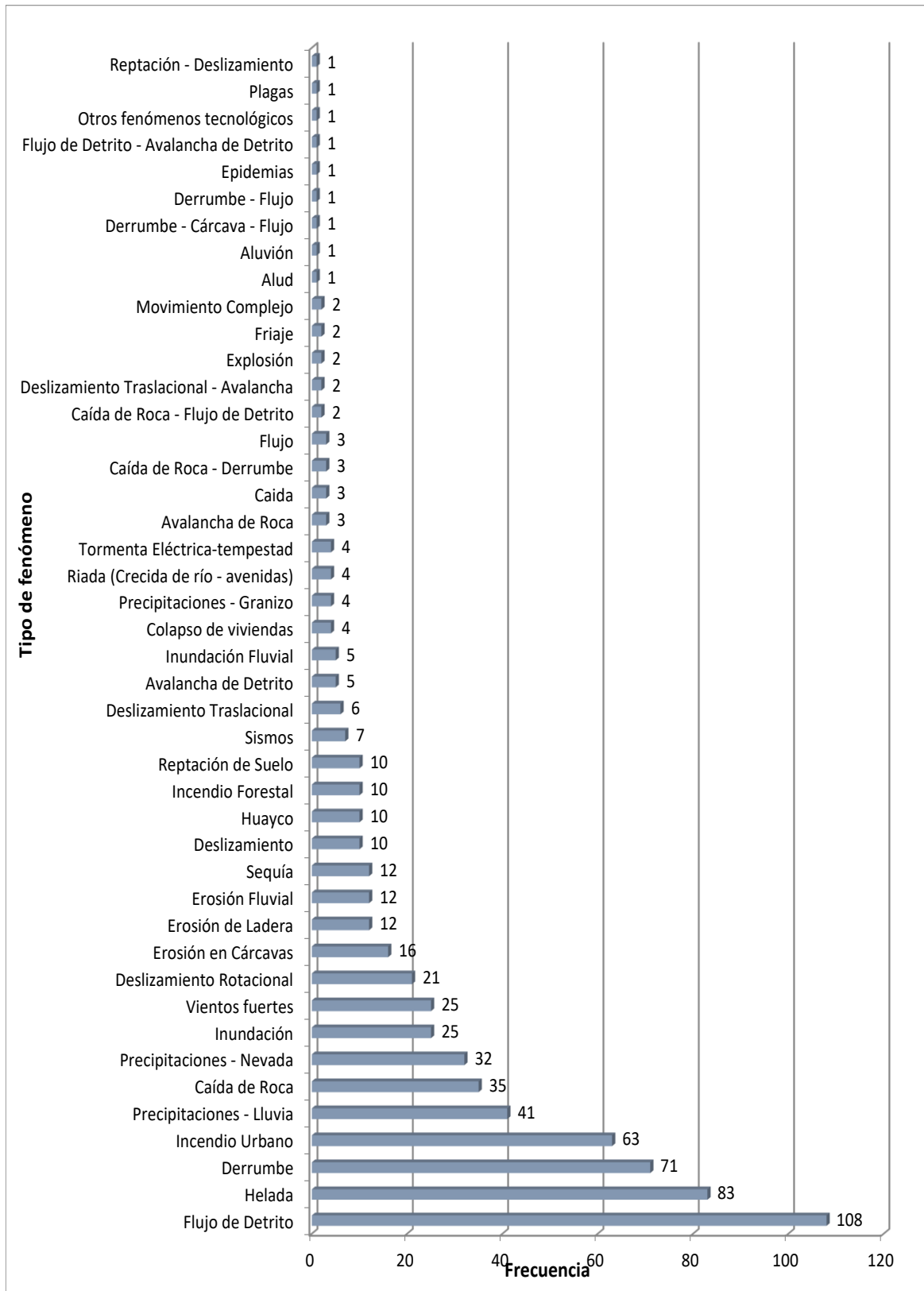


Figura 80. Índice de frecuencia de fenomenologías más recurrentes de movimientos en masa.
 Nota. Con base a datos del Registro de fenómenos naturales por INGEMMET comprende entre los años 2000 al 2006, y los registros de (INDECI-SINPAD) de reporte de emergencias corresponde entre los años 2003 al 2017.

Así mismo realizando una reclasificación netamente para fenomenologías de movimientos en masa para nuestra área de estudio se puede apreciar que se manifiestan fenómenos naturales como caídas, deslizamientos, flujos, movimientos complejos, reptación, y otros peligros, siendo los de mayor recurrencia las caídas y flujos con 112 y 131 frecuencias respectivamente (**Ver figura 81**), cabe mencionar que estos fenómenos registrados por INGEMMET e INDECI son en su mayoría a lo largo de la carretera interoceánica siendo este como una especie de transecto en el recojo de esta información el cual no debe descartarse que la ocurrencia de estos fenómenos también suscitan no solo a lo largo de la carretera sino que también en toso el área transversal con condiciones favorables.

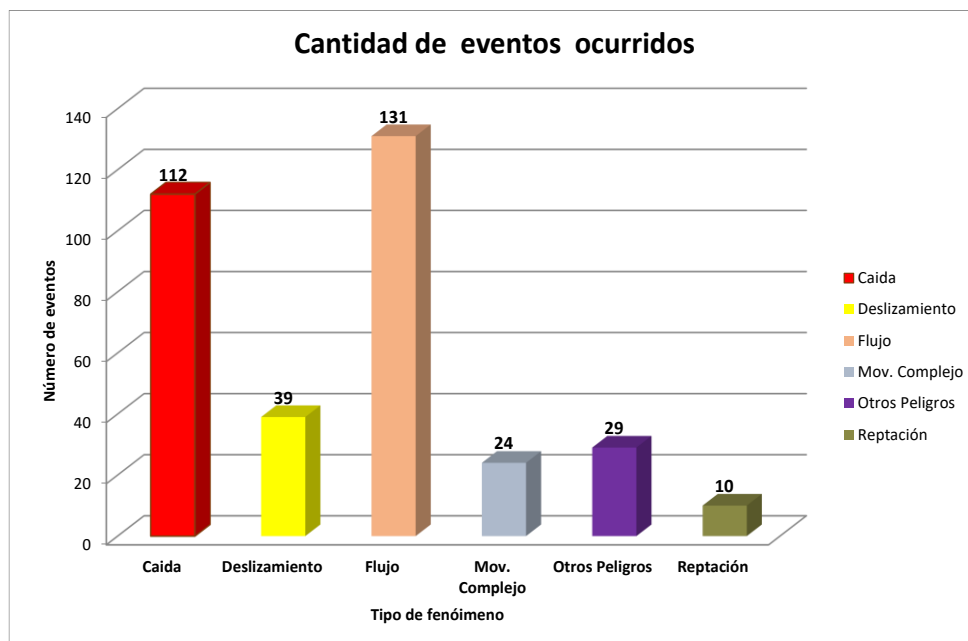


Figura 81. Frecuencia de eventos de fenómenos de movimientos en masa en el área de estudio

Nota. con base a recopilación de datos INGEMMET (Geocatmin) e INDECI (Sinpad).



En este apartado, se han generado una cartografía de eventos de movimientos en masa suscitados en el área de investigación, estas se muestran en el apartado de anexos (**VER ANEXO 20**).

5.1.2. Análisis de los factores condicionantes

Los factores condicionantes para los movimientos en masa están conformados por características físicas del territorio dadas por las pendientes geomórficas, características intrínsecas de la litología geológica, el diseño geomorfológico como resultado de las geodinámicas internas y externas, y finalmente la cobertura vegetal con su capacidad de penetración de sus raíces como estabilizador de los taludes naturales.

5.1.2.1. Pendientes

Dentro de la evaluación de la susceptibilidad se ha realizado un análisis del factor condicionante de la pendiente del terreno que esta categorizado en 7 rangos porcentuales de pendientes (**Ver tabla 28**), donde esta se le asignó valores ponderativos según criterios de valores numéricos dentro del rango del uno (01) al tres (03), siendo los valores de menor rango ponderativo para las pendientes de menor porcentaje de inclinación y los valores más próximos al tres los de mayor susceptibilidad para el análisis de movimiento en masa, a continuación se presenta el cuadro de valoración asignada para pendientes del terreno.

Tabla 28*Ponderación de unidades de pendientes susceptibles al movimiento en masa*

Denominación de las pendientes	Rango de pendientes %	Valor ponderado	Valor de Nivel	Área (ha)	Porcentaje (%)
Extremadamente empinado	> 75	3	Muy Alto	275258.32	22.21%
Fuertemente empinado	50 - 75	2.9	Muy Alto	150499.49	12.14%
Empinado	25 - 50	2.3	Alto	333835.94	26.94%
Moderadamente empinado	15 - 25	2.2	Medio	190717.32	15.39%
Fuertemente inclinado	8 -15	2.2	Medio	140454.01	11.33%
Moderadamente inclinado	4 - 8	1.6	Bajo	44285.25	3.57%
Plano a Ligeramente inclinado	0 - 4	1.1	Muy Bajo	83550.47	6.74%
Otras Áreas	-	1	Otras Áreas	20764.55	1.68%
Total				1239365.35	100.00%

Así mismo al ser ponderadas cada característica de pendientes del terreno se aprecia una concentración de 34.35% de pendientes con nivel muy alto, 26.94% con nivel alto, 26.72% con nivel medio, 3.57% con nivel bajo, y 6.74% con nivel de pendiente muy bajo (**Ver figura 82**); de esta manera poco más de 60% de las pendientes en el ámbito de estudio posee pendientes altamente pronunciadas y por ende esto conlleva a grandes áreas de pendientes con niveles calificativos de muy alto y alto en ponderación de niveles.

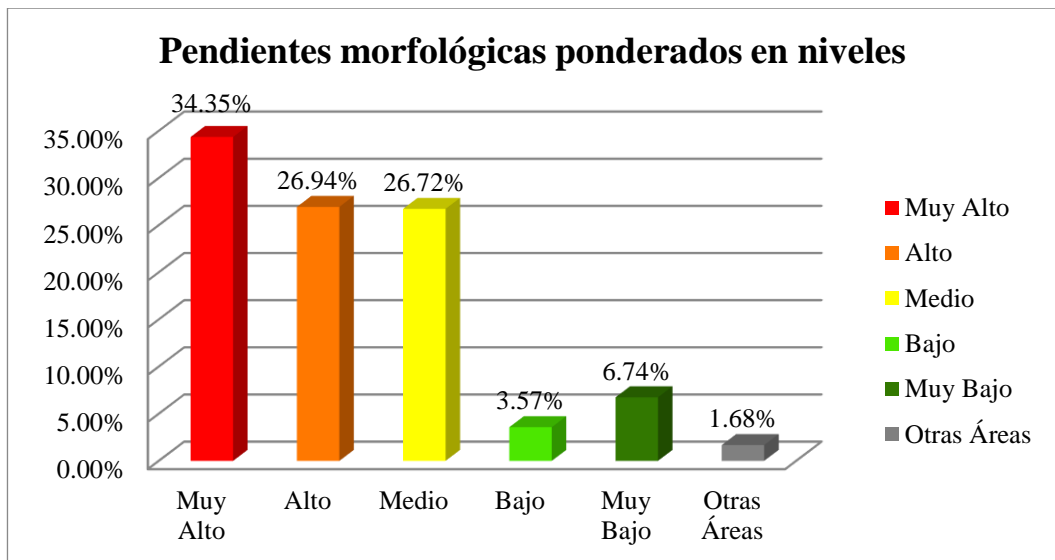


Figura 82. Áreas de unidades de pendientes ponderados con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa

En este apartado ya mencionado, se ha generado una cartografía de ponderaciones para las unidades de pendientes donde se asignan valores numéricos, estas se muestran en el apartado de anexos (**VER ANEXO 09**).

5.1.2.2. Geomorfología

El factor condicionante geomorfológico que está compuesto por veinte (20) unidades geomorfológicas siendo la gran mayoría de laderas de montañas los que califican una mayor valor ponderación de susceptibilidad con valores de 2.5 hasta 3 puntos calificativos (**Ver tabla 29**); y las unidades de geomórficas en su amplia variedad de tipos de planicies y fondo de valles llanos están has sido calificadas con valores ponderativos relativamente bajos entre 1 a 1.7 puntos valorativos, de esta manera la identidad geomorfológica de Carabaya suscribe su propia particularidad dentro del marco de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Tabla 29

Ponderación de unidades geomorfológicas susceptibles al movimiento en masa

Nro.	Unidades Geomorfológicas	Valor ponderado	Valor de Nivel	Área	Porcentaje (%)
1	Grandes laderas montañosas empinadas a escarpadas	3	Muy Alto	167105.21	13.48%
2	Laderas montañosas de selva empinadas	2.9	Muy Alto	71453.15	5.77%
3	Laderas montañosas medias empinadas a escarpadas	2.8	Muy Alto	34645.62	2.80%
4	Laderas montañosas altoandinas empinadas a escarpadas	2.6	Alto	150678.65	12.16%
5	Colinas altas empinadas	2.5	Alto	521.82	0.04%
6	Laderas montañosas altoandinas moderadamente empinadas	2.5	Alto	215878.33	17.42%
7	Laderas montañosas de selva moderadamente empinadas	2.5	Alto	84644.05	6.83%
8	Colinas bajas moderadamente empinadas	2.3	Alto	1039.76	0.08%
9	Colinas altas moderadamente empinada	2.3	Alto	22687.70	1.83%
10	Laderas montañosas medias moderadamente empinadas	2.2	Medio	11681.30	0.94%
11	Laderas montañosas de selva ligeramente empinadas	2.2	Medio	84018.79	6.78%
12	Colinas bajas ligeramente empinadas	2.1	Medio	31067.52	2.51%
13	Fondos de valles cuaternarios inclinados	2	Medio	84478.74	6.82%
14	Laderas montañosas altoandinas ligeramente empinadas	2	Medio	150600.46	12.15%
15	Planicie aluvial inclinada	1.7	Bajo	10228.36	0.83%
16	Fondos de valles cuaternarios llanos	1.6	Bajo	14150.04	1.14%
17	Laderas montañosas medias ligeramente empinadas	1.3	Muy Bajo	171.20	0.01%
18	Altiplanicies onduladas, inclinadas a disectadas	1.2	Muy Bajo	45041.70	3.63%
19	Altiplanicies llanas	1.1	Muy Bajo	2757.91	0.22%
20	Planicie de terraza aluvial disectada	1.1	Muy Bajo	37123.22	3.00%
21	Actividad antrópica	1	Otras Áreas	1202.45	0.10%
22	Laguna	1	Otras Áreas	8984.80	0.72%
23	Nevado	1	Otras Áreas	5005.41	0.40%
24	Río	1	Otras Áreas	4199.17	0.34%
Total				1239365.35	100.00%

Cabe mencionar que se denota grandes áreas con calificaciones de ponderación de nivel “medio, alto, y muy alto” con extensiones en hectáreas de 29.20%, 38.36%, y 22.04% respectivamente (**Ver figura 83**), así mismo

existen menores extensiones con calificaciones de ponderaciones inferiores que corresponden a los niveles de “bajo y muy bajo” con 1.97% y 6.87% respectivamente, finalmente existen otras áreas que representan el 1.56% de extensión que corresponde a unidades especiales como ríos, nevados, lagos, lagunas y áreas urbanas, mismos que no son considerados dentro de las ponderaciones de susceptibilidad.

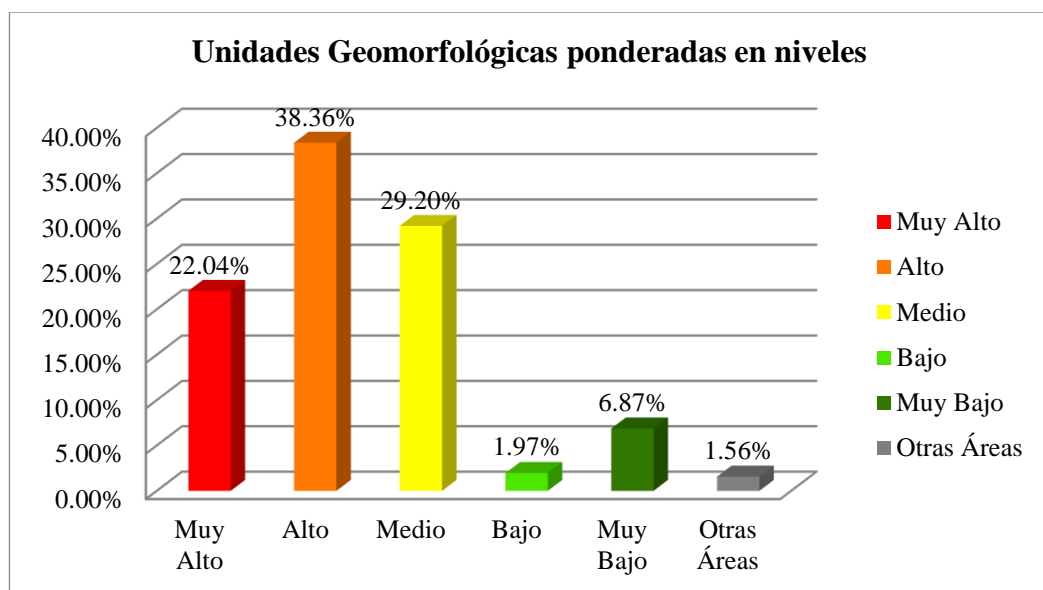


Figura 83. Áreas de unidades litológicas ponderados con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa

En este apartado, se han generado una cartografía de ponderaciones geomorfológicas donde se asignan valores numéricos, estas se muestran en el apartado de anexos (**VER ANEXO 08**).

5.1.2.3. Litología

El factor condicionante de litología está compuesto por setenta (70) unidades litológicas, dentro de ello los materiales geológicos poco consolidados y no consolidados así como los cuaternarios de depósitos recientes son los que califican un mayor valor ponderación de susceptibilidad

con valores de 2.5 hasta 3 puntos calificativos (**Ver tabla 30**) según criterio generalizado de bajo grado de cohesión; y las unidades litológicas en su amplia variedad de tipos rocas ígneas como plutónicas y volcánicas han sido calificadas con valores ponderativos relativamente bajos entre 1 a 1.7 puntos valorativos por sus gran capacidad de resistencia de este tipo rocas y su bajo grado de diaclazamiento y entre otros; de esta manera la identidad litológica de Carabaya suscribe su propia particularidad dentro del marco de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Tabla 30

Ponderación de unidades litológicas susceptibles al movimiento en masa

Nro.	Litoestratigrafía	Valor Ponderado	Valor de Nivel	Área (ha)	Porcentaje %
1	Formación Chambira	3	Muy Alto	84464.32	6.82%
2	Depósitos coluviales	2.9	Muy Alto	3044.34	0.25%
3	Depósitos coluvio aluvial	2.9	Muy Alto	244.24	0.02%
4	Formación Pagorene	2.9	Muy Alto	526.28	0.04%
5	Formación Chonta	2.8	Muy Alto	2923.29	0.24%
6	Formación Yahuarango inferior	2.7	Muy Alto	45492.64	3.67%
7	Formación Ipururo	2.7	Muy Alto	44149.07	3.56%
8	Formación Pozo	2.7	Muy Alto	1011.56	0.08%
9	Grupo Tarma	2.7	Muy Alto	11819.99	0.95%
10	Grupo Cabanillas	2.7	Muy Alto	18229.69	1.47%
11	Depósitos glaciares	2.6	Alto	75540.96	6.10%
12	Formación Cayconi	2.6	Alto	2134.34	0.17%
13	Formación Yahuarango	2.6	Alto	20136.41	1.62%
14	Depósito fluvio-aluvial	2.5	Alto	27923.79	2.25%
15	Depósito aluvial 1	2.5	Alto	47292.62	3.82%
16	Formación Madre de Dios Superior	2.5	Alto	641.10	0.05%
17	Depósito lacustre	2.5	Alto	674.07	0.05%
18	Depósitos fluviales	2.4	Alto	1599.55	0.13%
19	Formación Madre de Dios Inferior	2.4	Alto	5544.14	0.45%
20	Grupo San José	2.4	Alto	217576.10	17.56%
21	Depósito aluvial 2	2.3	Alto	747.01	0.06%
22	Depósitos fluvio-glaciares	2.3	Alto	49598.00	4.00%
23	Formación Vivian	2.3	Alto	2896.00	0.23%
24	Grupo Oriente	2.3	Alto	912.56	0.07%
25	Formación Ene	2.3	Alto	376.07	0.03%
26	Formación Quenamari/Miembro Chacaconiza	2.2	Medio	22510.74	1.82%
27	Grupo Mitu sedimentario	2.2	Medio	36561.71	2.95%
28	Formación San Gabán	2.2	Medio	1534.24	0.12%
29	Formación Sandia	2.2	Medio	158710.55	12.81%
30	Formación Quenamari/Miembro Yapamayo	2.1	Medio	25581.49	2.06%
31	Formación Ananea	2.1	Medio	55467.59	4.48%
32	Formación Quenamari/Miembro Sapanuta	2	Medio	37816.74	3.05%
33	Depósito aluvial 3	1.8	Medio	16168.77	1.30%
34	Formación Picotani	1.8	Medio	1095.68	0.09%
35	Grupo Ambo	1.8	Medio	39875.19	3.22%
36	Formación Huancané	1.7	Bajo	76.98	0.01%
37	Grupo Mitu indiferenciado	1.7	Bajo	8910.66	0.72%
38	Grupo Copacabana	1.3	Muy Bajo	17628.24	1.42%
39	Monzogranito	1.2	Muy Bajo	134.34	0.01%
40	Plutón Ollachea / Sienita	1.2	Muy Bajo	2153.65	0.17%



Nro.	Litoestratigrafía	Valor Ponderado	Valor de Nivel	Área (ha)	Porcentaje %
41	Microgranodiorita	1.2	Muy Bajo	438.59	0.04%
42	Plutón Coasa / Diorita	1.2	Muy Bajo	75.67	0.01%
43	Plutón Coasa / Monzogranito	1.2	Muy Bajo	297.88	0.02%
44	Unidad San Gabán / Diorita	1.2	Muy Bajo	4486.93	0.36%
45	Unidad San Gabán / Monzogranito	1.2	Muy Bajo	18473.47	1.49%
46	Unidad San Gabán / Tonalita-Diorita	1.2	Muy Bajo	312.26	0.03%
47	Plutón Coasa / Granito-granodiorita	1.2	Muy Bajo	19678.16	1.59%
48	Complejo Iscaybamba	1.2	Muy Bajo	5378.53	0.43%
49	Dacita	1.1	Muy Bajo	208.24	0.02%
50	Granodiorita	1.1	Muy Bajo	25.87	0.00%
51	Intrusivo Cenozoico	1.1	Muy Bajo	57.24	0.00%
52	Intrusivo Santa Ana	1.1	Muy Bajo	504.72	0.04%
53	Plutón Ninahuisa	1.1	Muy Bajo	1632.36	0.13%
54	Riolitas	1.1	Muy Bajo	264.74	0.02%
55	Subvolcánico Anta	1.1	Muy Bajo	52.67	0.00%
56	Subvolcánico Cayo Orjo	1.1	Muy Bajo	210.46	0.02%
57	Subvolcánico Dacítico del Neógeno	1.1	Muy Bajo	174.93	0.01%
58	Subvolcánico Jatuncarcuyo	1.1	Muy Bajo	225.29	0.02%
59	Subvolcánico La Huaña	1.1	Muy Bajo	75.83	0.01%
60	Subvolcánico Lloquesa	1.1	Muy Bajo	32.40	0.00%
61	Granodiorita	1.1	Muy Bajo	13775.06	1.11%
62	Plutón Pumachanca / granito	1.1	Muy Bajo	46.46	0.00%
63	Unidad San Gabán / Granito	1.1	Muy Bajo	1670.08	0.13%
64	Grupo Mítu volcánico	1.1	Muy Bajo	8913.63	0.72%
65	Granito	1.1	Muy Bajo	527.77	0.04%
66	Plutón Ayapata / Granodiorita	1.1	Muy Bajo	198.52	0.02%
67	Plutón Ayapata / Granito	1.1	Muy Bajo	6782.21	0.55%
68	Plutón Coasa / Granito	1.1	Muy Bajo	40815.76	3.29%
69	Unidad San Gabán / Granodiorita	1.1	Muy Bajo	251.72	0.02%
70	Complejo Araza	1.1	Muy Bajo	4661.37	0.38%
71	Área urbana	1	Otras Áreas	1202.45	0.10%
72	Glaciar	1	Otras Áreas	5005.41	0.40%
73	Laguna	1	Otras Áreas	8984.80	0.72%
74	Río	1	Otras Áreas	4199.17	0.34%
total				1239365.35	100.00%

Así mismo al ser ponderadas cada característica litológica del área de estudio se aprecia una concentración de 17.10% de áreas litológica con nivel muy alto, 36.60% con nivel alto, 31.90% con nivel medio, 0.73% con nivel bajo, y 12.12% de área con nivel litológico de pendiente muy bajo (**Ver figura 84**); de esta manera poco más de las $\frac{3}{4}$ partes de área de mapeo litológico en el ámbito de estudio posee niveles calificativos de susceptibilidad muy alto, alto y medio en ponderación de niveles de estratificación, finalmente el 1.56% que corresponde a otras áreas (ríos, lagos, nevados, áreas urbanas) no se consideran para el análisis de susceptibilidad.

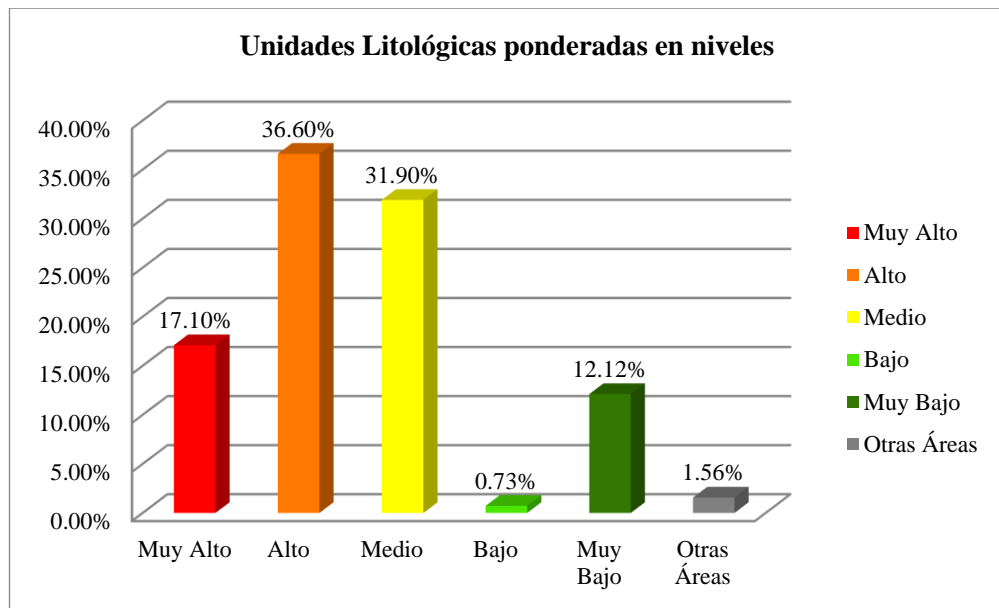


Figura 84. Áreas litológicas ponderadas con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa

En este apartado ya mencionado, se han generado una cartografía de ponderaciones litológicas donde se asignan valores numéricos, estas se muestran en el apartado de anexos (**VER ANEXO 07**).

5.1.2.4. Cobertura vegetal

El factor condicionante de cobertura vegetal está compuesto por veintidós (22) unidades, y según los criterios de ponderación las unidades de cobertura como áreas deterioradas por las actividades antrópicas como actividades extractivas, áreas de cultivo y coberturas vegetales de arbustos con baja capacidad de penetración de raíces son los que califican un mayor valor ponderación de susceptibilidad a movimientos en masa, con valores de 2.5 hasta 3 puntos calificativos (**Ver tabla 31**), así mismo según criterio ponderativo en su amplia variedad de tipos las unidades de cobertura vegetal y según su gran capacidad de penetración de raíz tipo anclaje como estabilizador de ladera, las unidades de bosques de terraza, bosques de planicie, plantaciones forestales, y bofedales; han sido calificados con valores

ponderativos relativamente bajos entre 1 a 1.7 puntos valorativos; de esta manera la cobertura vegetal de Carabaya suscribe su propia particularidad dentro del marco de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Tabla 31

Ponderación de unidades de cobertura vegetal susceptibles al movimiento en masa

Nro.	Cobertura Vegetal	Valor ponderado	Valor de Nivel	Área	Porcentaje (%)
1	Afloramiento Rocoso/Escasa Vegetación	3	Muy Alto	120387.10	9.71%
2	Área de Extracción Minera	3	Muy Alto	1695.16	0.14%
3	Áreas de cultivo	3	Muy Alto	47289.13	3.82%
4	Islas o Playas	2.8	Muy Alto	1765.05	0.14%
5	Matorral mixto	2.7	Muy Alto	31766.06	2.56%
6	Bosque de Montaña Altimontano	2.6	Alto	26410.07	2.13%
7	Bosque de montaña Basimontano	2.4	Alto	218254.26	17.61%
8	Bosque de Montaña Montano	2.3	Alto	77240.02	6.23%
9	Matorral de muña	2.2	Medio	5868.37	0.47%
10	Bosque de Montaña	2.1	Medio	128782.21	10.39%
11	Bosque de Colina Basimontano	2	Medio	22940.33	1.85%
12	Césped de Puna	2	Medio	276447.25	22.31%
13	Bosque de Colina	1.9	Medio	23864.81	1.93%
14	Pajonal	1.9	Medio	160073.34	12.92%
15	Bosque de Fondo de Valle montano	1.8	Medio	2081.30	0.17%
16	Bosque de Fondo de Valle Basimontano	1.5	Bajo	5376.91	0.43%
17	Bosque de Fondo de Valle	1.4	Bajo	4049.46	0.33%
18	Bosque de Planicie	1.2	Muy bajo	3106.84	0.25%
19	Bosque de Terraza	1.2	Muy bajo	38835.37	3.13%
20	Plantación forestal	1.2	Muy bajo	105.64	0.01%
21	Bofedal	1.1	Muy bajo	23105.15	1.86%
22	Bosque de Queñua	1.1	Muy bajo	501.90	0.04%
23	Áreas Urbanas	1	Pueblos y cuerpos de agua	1202.45	0.10%
24	Canales, Quebradas o Ríos	1	Pueblos y cuerpos de agua	4199.17	0.34%
25	Lagos o Lagunas	1	Pueblos y cuerpos de agua	8992.39	0.73%
26	Nevados	1	Pueblos y cuerpos de agua	5025.64	0.41%
Total				1239365.35	100.00%

De esta manera al ser ponderadas cada característica de cobertura vegetal del área de estudio se aprecia una concentración de 16.37% de áreas de cobertura vegetal con nivel muy alto, 25.97% con nivel alto, 50.03% con nivel medio, 0.76% con nivel bajo, y 5.30% de área con nivel muy bajo (**Ver figura 85**); de esta manera el 42.34% de área de mapeo de cobertura vegetal

en el ámbito de estudio posee niveles calificativos de susceptibilidad muy alto y alto en ponderación de niveles de estratificación, finalmente el 1.57% que corresponde a otras áreas (ríos, lagos, nevados, áreas urbanas) no se consideran para el análisis de susceptibilidad.

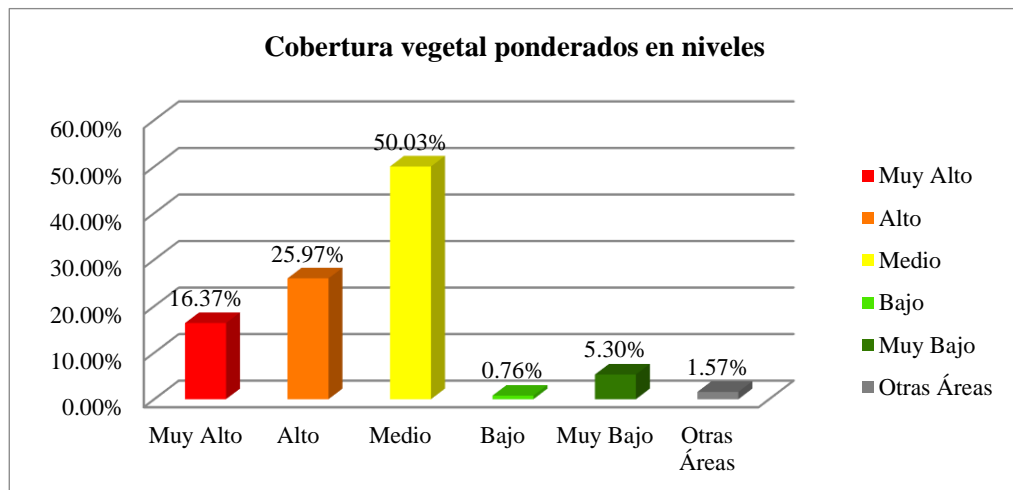


Figura 85. *Áreas de cobertura vegetal ponderada con niveles de susceptibilidad a movimientos en masa*

En este apartado, se han generado una cartografía de ponderaciones para las unidades de cobertura vegetal donde se asignan valores numéricos, estas se muestran en el apartado de anexos (**VER ANEXO 10**).

5.1.3. Análisis del factor desencadenante

El factor desencadenante llamado también por otros autores como factor detonante, para efectos de fenómenos naturales de movimiento en masa existen múltiples desencadenantes como los factores sísmicos, factores antrópicos y factores de lluvias; y para el presente estudio se consideró a las precipitaciones pluviales dado que es uno de los factores desencadenantes más frecuentes que detonan los movimientos en masa a nivel global y en el área de estudio no es la excepción.



5.1.3.1. Precipitación Pluvial

El área de estudio excepcionalmente presenta las precipitaciones pluviales más extraordinarias de todo el territorio peruano donde podemos mencionar la localidad de San Gabán (Puno) con un comportamiento meteorológico de precipitaciones pluviales muy intensas dado que esta se encuentra adyacente al distrito de Quincemil (Cusco) considerado el distrito más lluvioso del Perú.

Así mismo para la evaluación del riesgo de desastre del área se considera tomar en cuenta las precipitaciones pluviales al percentil 10, y son reclasificadas y sometidas a un proceso de análisis jerárquico establecidas por el reconocido profesor Tomas Saaty (1980).

Las precipitaciones pluviales fueron reclasificadas en 4 rangos donde las precipitaciones de 264.7mm hasta 1064.7mm de acumulación trimestral es considerado como precipitación de moderada intensidad por lo que se le asignó un valor ponderativo de nivel medio, seguidamente las precipitaciones de 1064.7mm hasta 2464.7mm con asignación de ponderación con nivel alto, y por ultimo las lluvias de 2464.7mm hasta 3244.0mm por ser lluvias extraordinarias se les asigna valores de ponderación de nivel muy alto (**Ver tabla 32**).

Tabla 32

Ponderación de rangos de precipitaciones pluviales que desencadenan movimientos en masa

Nro.	Temporalidad estacionaria	Rango de precipitación pluvial	Valor ponderado	Valor de nivel	Área	Porcentaje (%)
1	Diciembre-Enero-Febrero (DEF)	2464.7mm - 3244.0mm	3	Muy Alto	37677.83	3.04%
2	Diciembre-Enero-Febrero (DEF)	1864.7mm - 2464.7mm	2.5	Alto	384584.23	31.03%
3	Diciembre-Enero-Febrero (DEF)	1064.7mm - 1864.7mm	2.4	Alto	96643.79	7.80%
4	Diciembre-Enero-Febrero (DEF)	264.7mm - 1064.7mm	2.2	Medio	720459.51	58.13%
Total					1239365.36	100.00%

El tamaño de influencia de estas lluvias es interesante señalarlas siendo el área de mayor alcance con 58.13% de área (ha) con precipitaciones de nivel medio, seguidamente un área de precipitación de 38.83% de extensión con ponderativo de nivel alto, y finalmente con una extensión de 3.04% del área total con presencia de precipitaciones pluviales sumamente intensas al que se le pondera un nivel muy alto (**Ver figura 86**), cabe mencionar que esta última extensión de lluvia se manifiesta en el distrito de San Gabán.

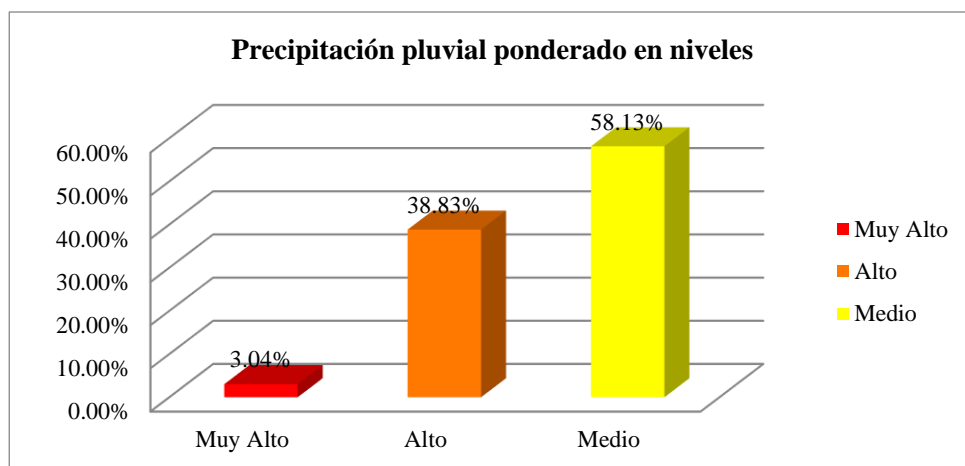


Figura 86. Áreas expuestas a precipitaciones pluviales ponderados con niveles según intensidad de lluvias



En este apartado, se han generado una cartografía de ponderaciones para precipitaciones pluviales donde se asignan valores numéricos, estas se muestran en el apartado de anexos (**VER ANEXO 11**).

5.1.4. Análisis y elección del escenario del riesgo de desastre

Para la detonación de movimientos en masa existen múltiples escenarios enmarcados fundamentalmente dentro de los fenómenos de movimientos sísmicos, las precipitaciones pluviales y de otro tipo como los de actividad antrópica.

Como bien lo indica el Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción de Desastres - CENEPRED, los escenarios de riesgo de desastres, es la **interacción del peligro y la vulnerabilidad en un momento dado**, lo que significa que está enmarcada en una situación determinada de magnitud e intensidad o el retorno de un fenómeno extremo ya suscitada, por lo tanto, los escenarios son situaciones particulares de la ocurrencia de algún fenómeno natural o artificial.

5.1.4.1. Tipos de escenarios existentes

a) Escenarios Sísmicos

Uno de los más grandes desencadenantes de los movimientos en masa a nivel global son los sismos, y para nuestra región la liberación de energía es gracias a la actividad tectónica entre la placa de Nazca y Continental, en consecuencia se puede establecer múltiples escenarios sísmicos según grado y/o magnitud en todo el territorio nacional, para nuestro área de estudio como la provincia de Carabaya se puede establecer escenarios de riesgo de desastre por movimiento



en masa, sin embargo esa posibilidad lo dejamos para para investigaciones a futuro dado que no está dentro de nuestros objetivos.

En la **Figura 87**, se muestra los puntos sísmicos ocurridos en dentro del área de investigación y alrededores, estos puntos datan desde el año 1972 al 2013 donde se registran 93 eventos sísmicos con magnitudes de 2.1 a 5.6 grados en la escala de Richter, estos sismos ocurrieron en profundidades de hipocentro de un mínimo de 5km, una máxima de 600km, y un promedio de 66km. de esta manera de podrían evaluar futuros escenarios de riesgos de desastres para magnitudes sísmicas de 4 a 5 grados; así mismo cabe mencionar que nuestro área de estudio se encuentra en la zona sísmica de tipo dos (02) que es relativamente bajo en sismos de gran intensidad y magnitud, lo mismo que no se debe de confiarse sabiendo que las edificaciones según análisis de vulnerabilidad la gran parte de las viviendas son construidas a base adobe (paja y barro) mismas que son altamente vulnerables a las aceleraciones del suelo durante un evento sísmico.

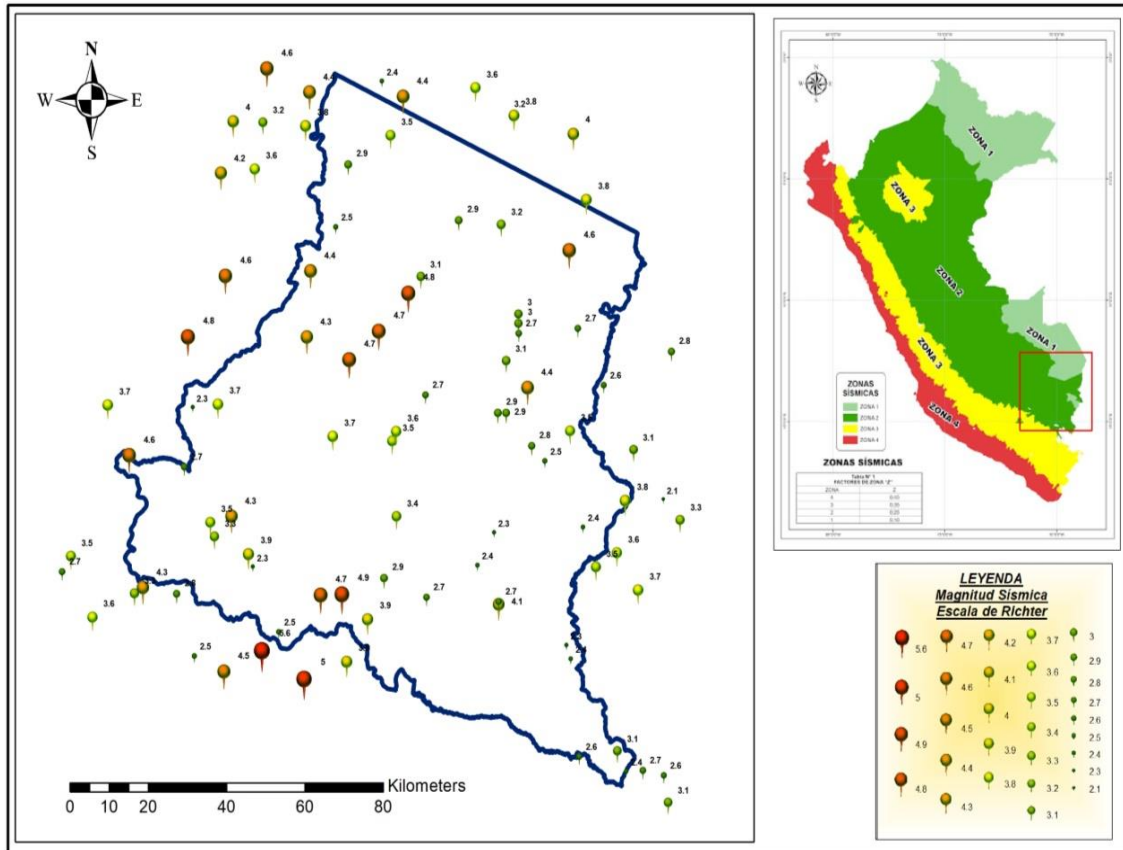


Figura 87. Mapa de puntos Sísmico de la provincia de Carabaya entre los años (1972 – 2013)

Nota. Con base a datos sísmicos del Instituto Geofísico del Perú – IGP

b) Escenarios Antrópicos

El hombre dentro de sus actividades de interacción con su medio físico-geográfico modifica e impacta su entorno por medio de peligros generados de tipo radiactivo, biológico y de degradación física de su entorno; siendo cada uno de ellos escenarios de riesgos particulares, por lo tanto para efectos de escenarios de riesgo de desastre por movimientos en masa una de las actividades antrópicas más importantes son las rupturas de equilibrio límite de los taludes naturales y artificiales mediante las actividades de:



- Escenarios de riesgo futuro tipo corte de taludes en actividades de edificaciones y/o construcción.
- Escenarios de riesgo futuro tipo corte de taludes en actividades extractivas de minería.
- Escenarios de riesgo futuro tipo actividades extractivas de deforestación de laderas

Fundamentalmente estas tres actividades serían los escenarios de riesgo de desastre que desencadenarían procesos gravitacionales de movimientos en masa ocasionando naturalmente pérdidas y daños importantes.

c) Escenarios de Precipitaciones pluviales

Uno de los fenómenos más activos para la detonación de movimientos en masa son las precipitaciones pluviales a nivel global y más aún en las zonas de mayor precipitación pluvial reconocidos como puntos calientes y en el Perú uno de los host-post o punto caliente se encuentran entre los distritos de San Gabán (Puno) y Camanti (Cusco) el cual está dentro de nuestro área de estudio, por lo tanto para estas zonas se pueden proponer todo tipo de escenarios de riesgo de desastres pudiendo ser estos:

- Escenarios de riesgo futuro tipo fenómeno del niño
- Escenario de riesgo futuro tipo periodos de retorno de lluvias intensas de 10, 25, 50, 100 años de retorno
- Escenario de riesgo tipo promedio trimestral de lluvias de los últimos 30 años. (este último se aplicó al presente estudio)



5.1.4.2. Escenario propuesto en el área de investigación

Para el desarrollo del presente estudio de evaluación del escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa se eligió un único escenario particular siendo este las precipitaciones pluviales en la temporalidad trimestral anual de diciembre, enero, y febrero (D-E-F) promediado de los últimos 30 años comprendidos entre el período de los años **1981 al 2010** recogidas de las estaciones meteorológicas de San Gabán, Ollachea, Macusani y Crucero (**Ver figura 61-a, Cap. IV, SubCap.4.7**), estos datos meteorológicos del SENAMHI junto a los datos grillados de TTRM (Worldclim) y PISCO (SENAMHI) donde se determinó un modelo cartográfico meteorológico de precipitación pluvial; de esta manera el escenario específico en la provincia de Carabaya para el fenómeno de movimiento en masa se plantea un **escenario de precipitaciones pluviales promedio trimestral de temporalidad Diciembre-Enero-Febrero con base histórica de 30 años.**

La elección este escenario se debe a la alta frecuencia o recurrencia, que nos da seguridad que, en un futuro muy próximo en periodos de retorno de menos de 5 años, estos eventos sucederán con gran certeza. Se ha podido plantear otros escenarios sin embargo se ha puntualizado este escenario con la finalidad de que se pueda tomar decisiones de prevención de riesgo de desastres desde una óptica de alto índice de frecuencia de este tipo de fenómenos, obviamente no se debe menospreciar otros escenarios con periodos de retorno de 10, 25, 50 o 100 años de retorno de gran impacto el que con base a estos estudios se deja abierta la posibilidad de continuar en futuras investigaciones a la comunidad académica.

5.1.5. Modelización de la susceptibilidad por movimiento en masa

La susceptibilidad a movimientos en masa del área de intervención se construyó con la finalidad de identificar zonas potencialmente susceptibles a la ocurrencia de fenómenos naturales de movimiento en masa, con mayor o menor predisposición de un espacio geográfico, mismo que representa una herramienta fundamental para determinación del modelo de peligrosidad que se verá más adelante.

Para la modelización de susceptibilidad del fenómeno de movimiento en masa se ha planteado un esquema (Ver figura 88), como subproceso, donde intervienen cuatro variables puramente condicionantes como litología, pendientes, geomorfología, y cobertura vegetal, que han sido previamente caracterizadas, seguidamente estas han sido sometidas a un proceso de análisis jerárquico para la asignación de pesos de valor.

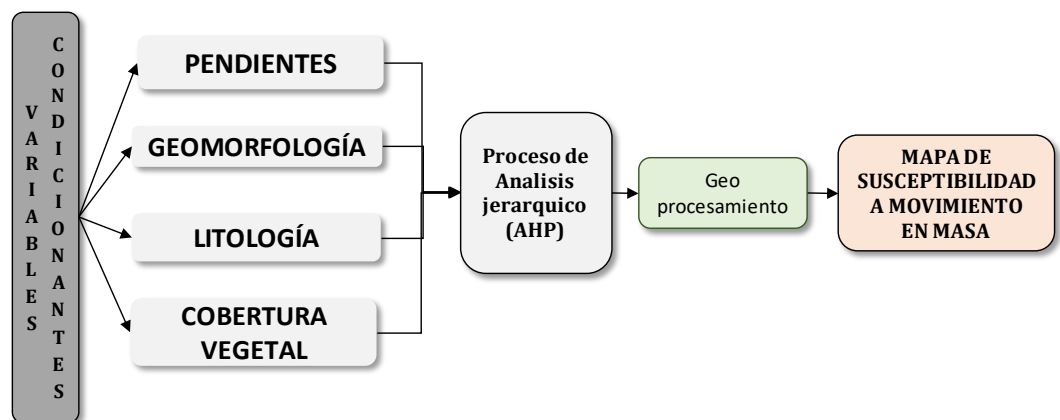


Figura 88. Esquema conceptual de la modelización de la susceptibilidad a movimientos de masa

Así mismo para la determinación del modelo de susceptibilidad se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (ver tabla 33) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un

criterio de importancia (**Ver tabla 4. Cap. 2.3 Marco teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado.

Tabla 33

Matriz de comparaciones de los factores de susceptibilidad

Matriz de comparaciones pareadas				
Parámetro	Pendiente	Geomorfología	Litología	Cobertura Vegetal
Pendiente	1.000	2.000	3.000	4.000
Geomorfología	0.500	1.000	4.000	3.000
Litología	0.333	0.250	1.000	2.000
Cobertura Vegetal	0.250	0.333	0.500	1.000
SUMA	2.083	3.583	8.500	10.000
1/SUMA	0.480	0.279	0.118	0.100

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares se realiza tratamientos de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 34**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos los mismos que serán sometidos a control de calidad.

Tabla 34

Matriz de normalización de los factores de susceptibilidad

Matriz de normalización					
Parámetro	Pendiente	Geomorfología	Litología	Cobertura Vegetal	Vector Priorizado
Pendiente	0.480	0.558	0.353	0.400	0.448
Geomorfología	0.240	0.279	0.471	0.300	0.322
Litología	0.160	0.070	0.118	0.200	0.137
Cobertura Vegetal	0.120	0.093	0.059	0.100	0.093

Seguidamente se realiza el tratamiento de vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{\max} promedio (**Ver tabla 35**) dado que este servirá para la estimación del índice de consistencia y la relación de consistencia el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de asignación de valores dado que pueda

existir contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de las variables condicionantes del modelo de susceptibilidad.

Tabla 35
Caculo del Vector para estimación del factor lambda max

Hallando el vector suma ponderado				Hallando el λ_{max}	
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.448	0.645	0.411	0.372	1.875	4.187
0.224	0.322	0.547	0.279	1.373	4.257
0.149	0.081	0.137	0.186	0.553	4.038
0.112	0.107	0.068	0.093	0.381	4.096
Promedio					4.145

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 4% (**Ver tabla 36**) que está por debajo del 10% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos asignados de pendientes (45%), geomorfología (32%), litología (14%), y cobertura vegetal (9%), son aceptables.

Tabla 36
Indicadores de índice de consistencia y relación de consistencia

Índice de Consistencia	IC	0.036	
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.041	4%

(*) La relación de consistencia "RC" de 0.08, como máximo aceptable, según los índices de Aguarón y Moreno, (2001).

Principales resultados de susceptibilidad

Como resultado final de la modelización de la susceptibilidad a movimientos en masa en la provincia de Carabaya, existe un 27.43% de área con susceptibilidad de nivel muy alto, seguido de 32.14% de área con nivel

alto, 30.57% de área con nivel medio, 5.98% de área con nivel bajo, 2.31% de área con nivel muy bajo de susceptibilidad a movimientos en masa (**Ver figura 89**).

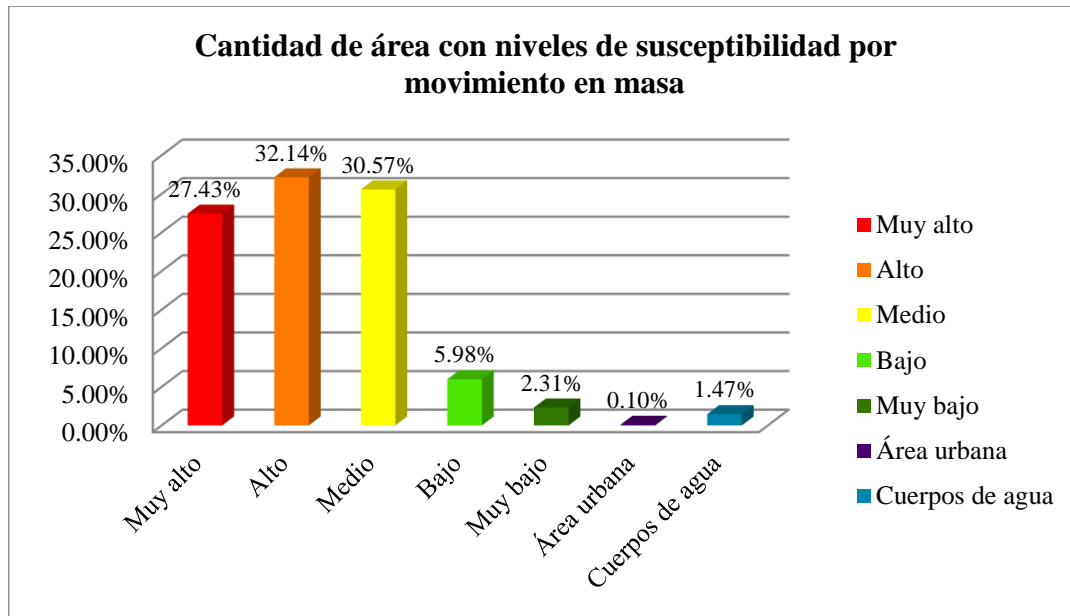


Figura 89. Áreas susceptibles a movimientos en masa

Tabla 37

Áreas con niveles de susceptibilidad por movimiento en masa – Carabaya

Cantidad de áreas con niveles de susceptibilidad por movimiento en masa		
Nivel	Área (ha)	Área %
Muy alto	339990.7	27.43%
Alto	398346.54	32.14%
Medio	378888.23	30.57%
Bajo	74073.65	5.98%
Muy bajo	28674.81	2.31%
Área urbana	1202.45	0.10%
Cuerpos de agua	18188.97	1.47%
Total	1239365.35	100.00%

Modelización cartográfica de la Susceptibilidad

De esta manera las áreas susceptibles a movimientos en masa se extienden en gran parte de las zonas grandes de laderas de montaña siendo, San Gabán, Ituata, Ayapata, Coasa, y Ollachea los distritos con mayor susceptibilidad.

Para visualizar el modelo cartográfico de susceptibilidad por movimientos en masa **VER ANEXO 12**.

5.1.6. Modelización del peligro por movimiento en masa

El peligro por movimientos en masa del área de intervención se construyó con la finalidad de identificar zonas con potencial PELIGRO a la ocurrencia de fenómenos naturales de movimiento en masa, con mayor o menor predisposición de un espacio geográfico, mismo que representa una amenaza al entorno socioeconómico.

Para la modelización cartográfica del peligro por fenómeno de movimiento en masa se ha planteado un esquema (**Ver figura 90**), como subproceso, donde intervienen la interacción de las modelizaciones de la susceptibilidad del territorio y el modelo de escenario de precipitaciones pluviales, estos dos modelos cartográficos interactúan generando un único modelo cartográfico denominado mapa de peligrosidad.

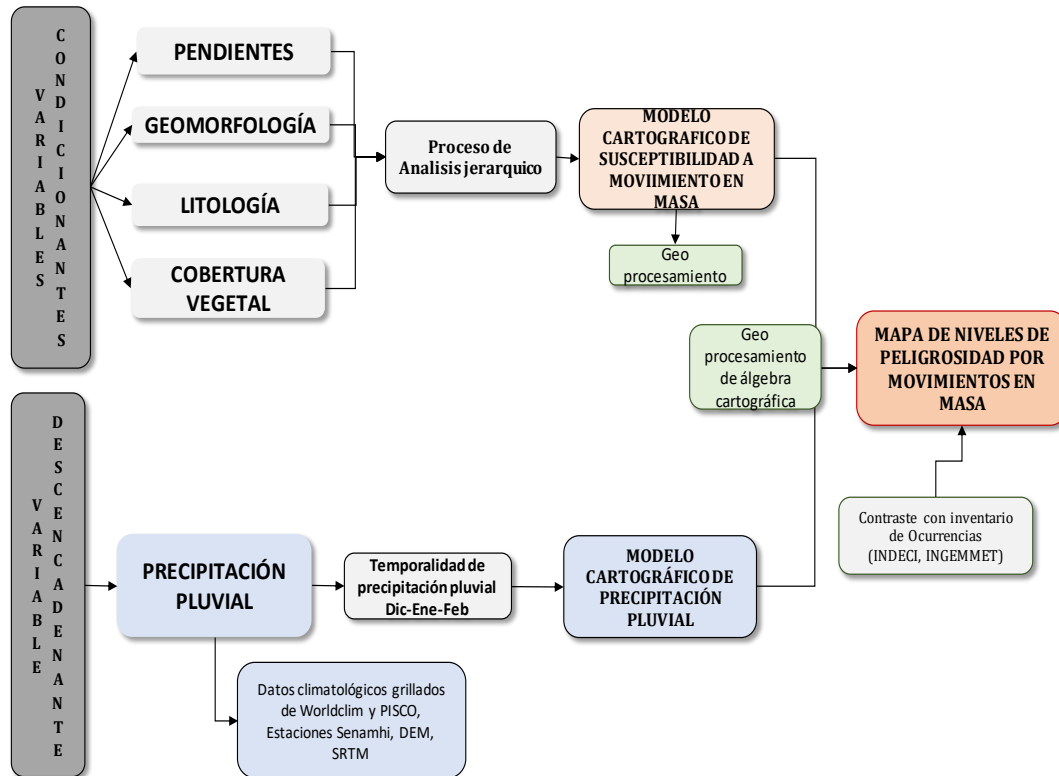


Figura 90. Esquema conceptual del modelo de peligros por movimientos en masa

Análisis de estratificación del Peligro

Para la toma de decisiones de forma estructurada y en forma priorizada se plantea una tabla de estratificación de niveles de la peligrosidad conformada en cinco (05) rangos (Ver tabla 38).

Tabla 38

Niveles de Estratificación del Peligro por Movimiento en Masa

Nivel	Descripción	Rango
Peligro Muy Alto	Este nivel de peligro, se caracteriza generalmente por poseer condiciones físicas del territorio, con una geología de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas), con pendientes mayores a 50%, y geoformas de laderas montañosas escarpadas, y de escasa cobertura vegetal, con precipitaciones pluviales entre 2464.7mm - 3244.0mm de acumulación trimestral.	$2.7 \leq R \leq 3.0$
Peligro Alto	Este nivel de peligro, se caracteriza generalmente por poseer condiciones físicas del territorio, con una geología de rocas altamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas), generalmente las rocas deleznable de las formaciones Ene, Vivian, Yahuarango, Cayconi, y depósitos cuaternarios; con pendientes fuertemente inclinado a empinado entre 25% a 50%, y geoformas de colinas altas, bajas empinadas y laderas montañosas empinadas; y de cobertura vegetal de bosques de montaña montano, basimontano y Altimontano; con precipitaciones pluviales entre 1864.7mm - 2464.7mm de acumulación trimestral.	$2.3 \leq R < 2.7$
Peligro Medio	Este nivel de peligro, se caracteriza generalmente por poseer condiciones físicas del territorio, con una geología de rocas medianamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas, fracturadas y con depósitos superficiales regularmente consolidados y zonas con erosión media (cárcavas), generalmente las rocas de resistencia media de tipo pizarrosas y metareniscas de las formaciones Sandía y Ananea, conglomerados y breccas San Gabán, y las tobas Subvolcánicos de las formaciones Picotani y Quenamari; con pendientes mayores a entre 8% a 25%, y geoformas de colinas altas, bajas empinadas y laderas montañosas empinadas; y de cobertura vegetal de bosques de montaña y colinas con matorrales y césped de puna; con precipitaciones pluviales entre 1064.7mm - 1864.7mm de acumulación trimestral.	$1.8 \leq R < 2.3$
Peligro Bajo	Este nivel de peligro, se caracteriza generalmente por poseer condiciones físicas del territorio, donde se presenta una geología de rocas medianamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas, ligeramente fracturadas y con Cuarzoarenitas, con algunas intercalaciones de areniscas y limoarcillitas grises de la Formación Huancané, y Generalmente rocas volcánicas con intercalaciones de areniscas y conglomerados del Grupo Mitu indiferenciado; Así mismo tiene pendientes moderadamente inclinado entre 4% a 8%, y geoformas de planicie aluvial inclinada y fondos de valles cuaternarios llanos; y de cobertura vegetal de bosques de fondo de valles y valle basimontano; con precipitaciones pluviales entre 264.7mm - 1064.7mm de acumulación trimestral.	$1.4 \leq R < 1.8$
Peligro muy Bajo	Este nivel de peligro, se caracteriza generalmente por poseer condiciones físicas del territorio, con una geología de rocas muy bajo en meteorización y/o alteración; muy baja saturación, muy bajo fracturamiento, generalmente las rocas son de resistencia alta de tipo ígneo plutónico a volcánico, entre ellas los plutónicos de Ollachea, Coasa, Ayapata, San Gabán; también los sub-volcánicos anta, Cayu-orjo, Jatuncarcuyo, La Huaña, Lloquesa, y los Volcánicos Mitu, también están los metamórficos del Complejo Iscaybamba (gneis) y Araza (esquistos); Con pendientes plano a ligeramente inclinado a entre 0% a 4%; Y una geomorfología de laderas montañosas ligeramente empinadas y altiplanicies; y de cobertura vegetal de Bosque de Planicie y terrazas, y plantación forestal; con precipitaciones pluviales entre 264.7mm - 1064.7mm de acumulación trimestral.	$1.0 \leq R < 1.4$

Nota. La estratificación del peligro se elaboró con base a metodologías de ZEE y CENEPRED.

Para la determinación de la peligrosidad se ha utilizado la matriz de indicador de variables (**Ver tabla 39**) para identificar zonas potencialmente susceptibles a la ocurrencia de fenómenos naturales, referidos a efectos de mayor o menor predisposición de un espacio geográfico ocasionado por el peligro por movimientos de masa.

Tabla 39
Matriz de variables e indicadores del submodelo de peligros por movimientos en masa

Matriz de Variables e indicadores del Submodelo										
Submodelo auxiliar	Submodelo intermedio - dimensiones	Pesos (%)	Peso decimal	Aspectos a evaluar	Parámetros	Pesos (%)	Peso decimal	Código	(Variables)	Criterios de evaluación
	MODELO DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA	80%	0.8	PARAMETROS DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETROS DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	45%	0.45	V_PEND_MM	PENDIENTES	Dentro del rango de ponderaciones del 1.1 al 3.0 se ha considerado con mayor valor (3) al rango de pendiente mayores de 50% y rangos de pendientes intermedios con valores de 2.2 a 2.3; y de menor valor (1.1) a rangos de pendiente de 0% a 4%
	MODELO CARTOGRAFICO DE PRECIPITACION PLUVIAL	20%	0.2	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	32%	0.32	V_GEOM_MM	GEOMORFOLOGÍA	Dentro del rango de ponderaciones del 1.1 al 3.0 se ha considerado con mayor valor hasta (2.7) a laderas de montaña empinada, laderas de Montañas escarpadas y con menor valor (1.1) a Planicies de terrazas aluviales llanas, Planicies aluviales inclinadas a disectadas, Fondos de valles cuaternarios llanos, Planicies aluviales inclinadas a disectadas, y Planicies de terrazas aluviales llanas.
	MODELO DE COBERTURA VEGETAL	9%	0.09	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	14%	0.14	V_LIT_MM	LITOLOGÍA	Dentro del rango de ponderaciones del 1.1 al 3.0 se ha considerado con mayor valor (3) a Depósitos Coluviales y Depósitos fluviales, por ser materiales no consolidados y susceptibles a las precipitaciones permanentes y con menor valor (1) las rocas intrusivas como las Diorita, Granito, monzogranito-Tonalita, Granodiorita, y las rocas metamórficas como los Gneis esquistos.
	MODELO DE INVENTARIO DE PELIGROS	20%	0.20	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	9%	0.09	V_CV_MM	COBERTURA VEGETAL	Dentro del rango de ponderaciones del 1.1 al 3.0 se ha considerado con mayor valor (3) a área sin vegetación; y de menor valor (1) a los bofedales.
	MODELO DE ALGORITMO DE CALIBRACION	20%	0.20	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	20%	0.20	V_PP_MM	PRECIPITACIÓN	De acuerdo a las máximas precipitaciones con temporalidad trimestral diciembre-enero-febrero se consideró el valor (3) al rango de precipitación promedio de 2400mm a 3200 mm. una de las precipitaciones más altas del territorio nacional; y de valor (1.5) a los rangos de precipitación promedio de 260mm a 1000mm.
	MODELO DE ELEMENTOS DE CONTRASTE	20%	0.20	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	20%	0.20	V_PP_MM	PRECIPITACIÓN	De acuerdo a las máximas precipitaciones con temporalidad trimestral diciembre-enero-febrero se consideró el valor (3) al rango de precipitación promedio de 2400mm a 3200 mm. una de las precipitaciones más altas del territorio nacional; y de valor (1.5) a los rangos de precipitación promedio de 260mm a 1000mm.
	MODELO DE ALGORITMO DE CALIBRACION	20%	0.20	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	PARAMETRO DESENCADENAN eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias que por sus características de persistencia y frecuencia generan deslizamiento de materiales geológicos con alto índice de fracturamiento o diaclazamiento con buzamientos a favor de la pendiente; y también de los geomateriales no consolidados como son los depósitos cuaternarios.	20%	0.20	V_PP_MM	PRECIPITACIÓN	De acuerdo a las máximas precipitaciones con temporalidad trimestral diciembre-enero-febrero se consideró el valor (3) al rango de precipitación promedio de 2400mm a 3200 mm. una de las precipitaciones más altas del territorio nacional; y de valor (1.5) a los rangos de precipitación promedio de 260mm a 1000mm.

Nota. Los códigos denotan: V_PEND_MM (valor de pendiente para movimientos en masa), V_GEOM_MM (valor de geomorfología para movimientos en masa), V_LIT_MM (valor de litología para movimientos en masa), V_CV_MM (valor de cobertura vegetal para movimientos en masa), V_PP_MM (valor de precipitaciones pluviales para movimientos en masa), TIP_EVEGEO (tipo de eventos geológicos).

Para la modelización de la cartografía de peligrosidad se utilizó el criterio unión cartográfica simple de doble variable (factor condicionante y desencadenante) con base a la modelización cartográfica de la susceptibilidad y en modelo cartográfico de índice de precipitaciones pluviales de temporalidad trimestral (D-E-F). (Ver tabla 40)

Tabla 40

Criterios de valoración para modelo de peligrosidad

Variables	peso ponderado
Modelos cartográficos de Susceptibilidad	80%
Modelo cartográfico de escenario de precipitación pluvial	20%

Principales resultados de los peligros

Como resultado final de la modelización cartográfica de peligrosidad a movimientos en masa en la provincia de Carabaya, existe un 22.06% de área con peligrosidad de nivel muy alto, seguido de 42.16% de área con nivel alto, 26.38% de área con nivel medio, 7.83% de área con nivel bajo, y finalmente con un área de 0.002% de área con nivel muy bajo de peligrosidad a movimientos en masa (Ver figura 91). Excepcionalmente podemos afirmar que estamos frente a un área con grandes extensiones con niveles de peligro alto y muy alto, logrando una gran correlación con su geografía accidentada y de difícil acceso actualmente.

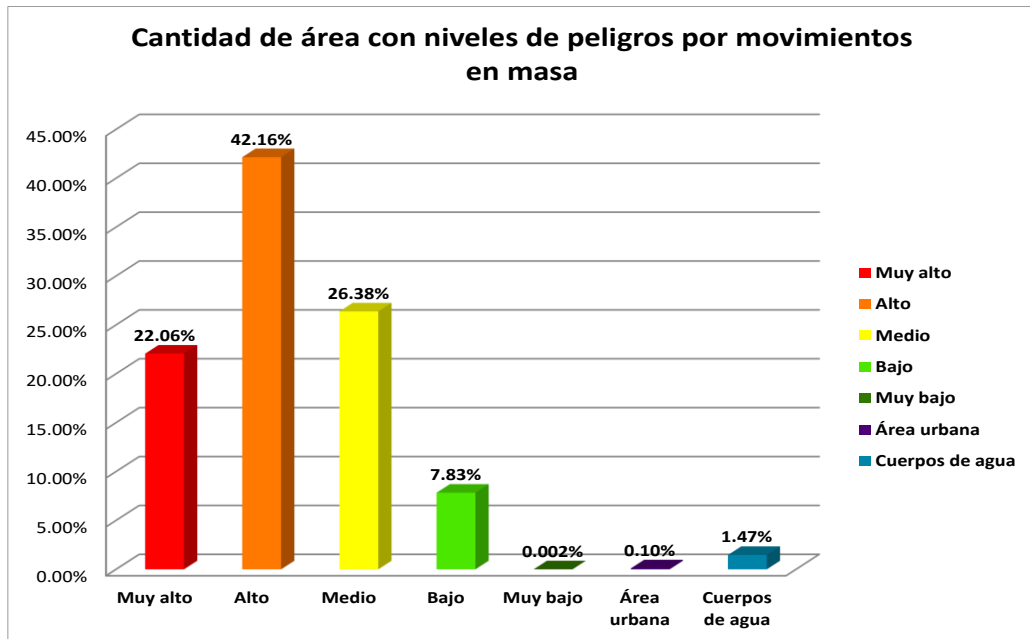


Figura 91. Distribución porcentual de áreas con niveles de peligrosidad por movimientos en masa

Tabla 41

Áreas con niveles de peligro por movimiento en masa - Carabaya

Cantidad de áreas con niveles de peligros por movimiento en masa		
Nivel	Área (ha)	Área %
Muy alto	273428.32	22.06%
Alto	522497.70	42.16%
Medio	326938.29	26.38%
Bajo	97084.74	7.83%
Muy bajo	24.89	0.002%
Área urbana	1202.45	0.10%
Cuerpos de agua	18188.97	1.47%
TOTAL	1239365.35	100.00%

Modelización cartografía de la Peligrosidad

De esta manera las áreas con peligros a movimientos en masa se extienden en gran parte de las zonas grandes de laderas de montaña de la faja subandina siendo, San Gabán, Ituata, Ayapata, Coasa, y Ollachea los distritos

con mayor peligrosidad. Para visualizar el modelo cartográfico de peligros por movimientos en masa **VER ANEXO 13**.

5.2. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

En el estudio de la vulnerabilidad que está expuesta a los peligros por movimientos en masa en el área de estudio se ha enfocado en tres aspectos básicos como el análisis de la vulnerabilidad social a nivel de centros poblados, análisis de vulnerabilidad de líneas vitales específicamente las redes viales, y finalmente el análisis de la vulnerabilidad económicas específicamente el uso actual de tierras UAT. Los sub-indicadores de la vulnerabilidad están dados por la fragilidad y resiliencia que han sido analizados en el presente tratado.

5.2.1. Análisis de la vulnerabilidad poblacional frente al peligro por movimiento en masa

El análisis de la vulnerabilidad social tiene el fin de identificar y analizar los índices de fragilidad y resiliencia de los centros poblados expuestos a la ocurrencia de fenómenos naturales, referidos a efectos con mayor o menor vulnerabilidad de un espacio geográfico ocasionado por los peligros identificados de movimientos en masa en el área de estudio.

Para la modelización cartográfica de la vulnerabilidad social por fenómeno de movimiento en masa se ha planteado un esquema (**Ver figura 92**), como subproceso, donde intervienen la interacción de las variables de la dimensión social conformadas por cuatro tipos de indicadores como son el grupo etario (clasificación por grupo de edades), discapacidad (capacidades y limitaciones físico-mentales), tipo de seguro (afiliación a algún tipo de seguro de salud) y nivel educativo (grado de instrucción educativo alcanzado); así

mismo se evaluó la dimensión económica conformadas por cinco (05) tipos de indicadores como el tipo de pared de vivienda, tipo de material de piso – vivienda, tipo de tenencia-vivienda, tipo de abastecimiento de agua— vivienda, y tipo de conexión de servicios higiénicos; ambas dimensiones tanto social y económica se ha realizado sus respectivos análisis de fragilidad y resiliencia para así evaluar los niveles de vulnerabilidad social; este modelo clasificado en niveles de vulnerabilidad social se muestra a manera de puntos en la cartografía de vulnerabilidad.

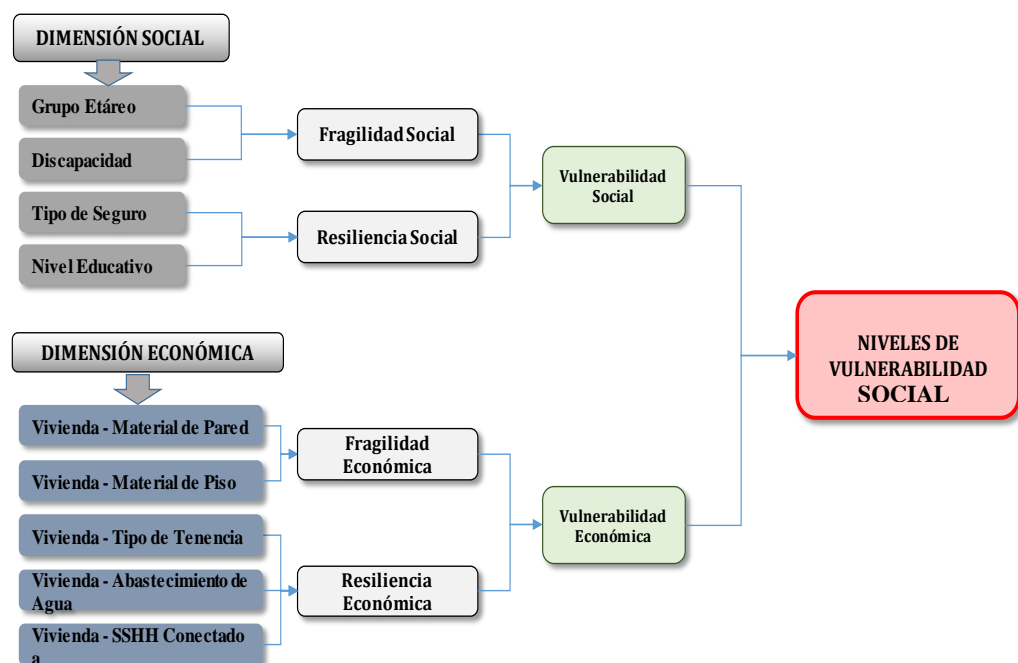


Figura 92. Esquema conceptual del submodelo de vulnerabilidad

Análisis de estratificación de la vulnerabilidad

Para la toma de decisiones de forma estructurada y en forma priorizada se plantea una tabla de estratificación de niveles de la vulnerabilidad conformada en cinco (05) rangos (**Ver tabla 42**).

Tabla 42

Niveles de Estratificación de la Vulnerabilidad para Movimiento en Masa

Nivel	Descripción	Rango
Vulnerabilidad Muy Alto	Con características de población en extrema pobreza, sin educación ni seguro de salud, con discapacidades y grupos etarios de 0 a 1 años y de 65 años a más; sin conexión a SSHH, consumo agua de río u otro similar, vivienda en invasión, con piso precario y pared de estera o madera. Vías sin mantenimiento, de clase vecinal no registrado, en estado muy malo, de superficie trocha. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de cultivos permanentes y actividades extractivas.	$2.7 \leq R \leq 3.0$
Vulnerabilidad Alto	Con características de población pobre, con alcance de educación primaria o secundaria, muy pocos con seguro de salud SIS, con discapacidades y grupos etarios de 2 a 14 años; sin conexión a SSHH cercano a riachuelo, con consumo agua de pozo, vivienda en alquilada, con piso de tierra y pared de piedra con barro. Vías con alguna rehabilitación, de clase vecinal, en estado malo, de superficie sin afirmar. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica extractiva. Por otra parte, el uso actual de tierra con actividad antrópica de extracción.	$2.3 \leq R < 2.7$
Vulnerabilidad Medio	Con características de población con bajos niveles de pobreza, con alcance de educación secundaria, muy pocos con seguro de salud ESSALUD, con discapacidades para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar) y grupos etarios de 45 a 64 años; con conexión a SSHH de red pública de desagüe fuera de la Vivienda; con red Pública Fuera de la vivienda (Agua potable); con vivienda cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma; con piso de madera y pared de adobe. Vías con rehabilitación de mantenimiento periódico, de clase departamental, en estado regular, de superficie afirmado. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de pastoreo de ganado.	$1.8 \leq R < 2.3$
Vulnerabilidad Bajo	Con población con bajos niveles de pobreza a clase media, con alcance de educación superior No Universitaria incompleta / completa, con seguro de salud ESSALUD y/o algún otro tipo, con alguna discapacidades para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar) o ninguna; y grupos etarios de 15 a 29 años; con conexión a SSHH de red pública de desagüe fuera de la Vivienda y alguna dentro de vivienda; con (Agua potable) de red pública fuera de la vivienda y alguna dentro de vivienda; con vivienda propia pagándola a plazos; con piso de cemento y pared de ladrillo. Las Vías de comunicación con rehabilitación de mantenimiento rutinario, de clase departamental a nacional, en estado regular a bueno, de superficie afirmado a asfaltado. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de poca intervención con zonas de pajonales y pastizales.	$1.4 \leq R < 1.8$
Vulnerabilidad muy Bajo	Con características de población de clase media a más, con alcance de educación Superior Universitaria incompleta / completa, con seguro de salud ESSALUD y Privado, con ninguna discapacidad; y grupos etarios de 30 a 44 años; con conexión a desagüe (SSHH) dentro de la Vivienda y red pública fuera de la Vivienda; con red Pública de agua dentro y fuera de la vivienda (Agua potable); con vivienda propia, totalmente pagada; con piso de cemento con acabados y pared de cementos con acabado. Las Vías de comunicación con rehabilitación de mantenimiento rutinario y mejoramiento, de clase de vía nacional, en estado de vía bueno, de superficie de vía asfaltado. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de poca intervención con zonas de Afloramientos rocosos, playas, pantanos y vegetación arbustiva mixta.	$1.0 \leq R < 1.4$

Nota. La estratificación de la vulnerabilidad se elaboró con base a metodologías de ZEE y CENEPRED.



Se ha realizado una matriz de parámetros y descriptores (**Ver tabla 43**) para identificar los centros poblados expuestos a la ocurrencia de fenómenos naturales, referidos a efectos con mayor o menor vulnerabilidad de un espacio geográfico ocasionado por los peligros identificados de movimientos de masa. En esta tabla se realiza el análisis de criterios de los pesos asignados a cada descriptor, así como la estructura jerárquica de la construcción del modelo.

5.2.1.1. Evaluación de la fragilidad y resiliencia social

Para la evaluación de vulnerabilidad de la dimisión social se realizó el análisis de proceso jerárquico AHP propuesto por el profesor Thomas Saaty, el cual nos proporciona los pesos adecuados para la modelización cartográfica de la vulnerabilidad social.

a) Fragilidad Social – Grupo Etario

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad social se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (Ver tabla 44) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (Ver tabla 4. Cap. 2.3 Marco Teórico) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del grupo etario siendo estos, etario de 0 a 4 años y de 65 años a más, etario de 5 a 14 años, etario de 50 a 64 años, etario de 15 a 34 años, y etario de 35 a 49 años.

Tabla 44

Matriz de comparación de pares de grupos etarios para el análisis de vulnerabilidad social

Dimensión social - fragilidad social				
Grupo Etario				
Matriz de comparación de pares – por grupos etarios				
Grupo Etario	De 0 a 4 años y De 65 años a más	De 5 a 14 años	De 50 a 64 años	De 15 a 34 años y De 35 a 49 años
De 0 a 4 años y De 65 años a más	1.00	3.00	5.00	8.00
De 5 a 14 años	0.333	1.00	3.00	7.00
De 50 a 64 años	0.200	0.333	1.00	5.00
De 15 a 34 años y De 35 a 49 años	0.125	0.143	0.200	1.00
SUMA	1.66	4.48	9.20	21.00
1/SUMA	0.60	0.22	0.11	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del grupo etario, se realiza tratamientos de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (Ver tabla 45) donde se obtiene

vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 45

Matriz de normalización de grupos etarios para el análisis de fragilidad social

Matriz de normalización del parámetro grupo etario						
Grupo Etario	De 0 a 4 años y De 65 años a más	De 5 a 14 años	De 50 a 64 años	De 15 a 34 años y De 35 a 49 años	Vector de Priorización	Vector porcentual %
De 0 a 4 años y de 65 años a más	0.603	0.670	0.543	0.381	0.549	55%
De 5 a 14 años	0.201	0.223	0.326	0.333	0.271	27%
De 50 a 64 años	0.121	0.074	0.109	0.238	0.135	14%
De 15 a 34 años y de 35 a 49 años	0.075	0.032	0.022	0.048	0.044	4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento de vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{max} promedio (Ver tabla 46) dado que este servirá para la estimación del índice de consistencia y la relación de consistencia el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del grupo etario, dado que pueda existir contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la fragilidad social.

Tabla 46

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias.

Hallando el vector suma ponderado					λ_{max} .
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.549	0.813	0.677	0.353	2.393	4.355
0.183	0.271	0.406	0.309	1.170	4.317
0.110	0.090	0.135	0.221	0.556	4.108
0.069	0.039	0.027	0.044	0.179	4.045
Promedio					4.206

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 7.8% (Ver tabla 47) que está por debajo del 8% máximo aceptable para

matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para, etario de 0 a 4 años y de 65 años a más con peso de 55%, etario de 5 a 14 años con peso de 27%, etario de 50 a 64 años con peso de 14%, y etario de 15 a 34 años - de 35 a 49 años con peso de 4%.

Tabla 47

Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos.

Índice de Consistencia	Ic	0.069
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	Rc	0.078 7.8%

Los descriptores que están clasificados en grupo de edades, han tomado pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el tratamiento de geoprocuremento (SIG) como ETA_01, ETA_02, ETA_03, y ETA_04, emparentados para cada grupo etario (Ver tabla 48).

Tabla 48

Representación de descriptores según grupo etario para el análisis de fragilidad social

Grupo Etario	Código de Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
De 0 a 1 años y De 65 años a más	ETA_01*	0.549	55%
De 2 a 14 años	ETA_02	0.271	27%
De 45 a 64 años	ETA_03	0.135	14%
De 15 a 29 años y De 30 a 44 años	ETA_04	0.044	4%
Total			100%

Nota. Con base de datos del Censo INEI 2017.

* ETA_01: grupo etario 01, * ETA_02: grupo etario 02, * ETA_03: grupo etario 03, * ETA_04: grupo etario 04.

Dentro del flujo de procesamiento de datos de los grupos etarios se han generado algoritmos básicos para el geoprocuremento (Ver tabla 49), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor etario, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980).

Tabla 49

Flujo de proceso de datos del grupo etario para el análisis de fragilidad social

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Grupo Etario
Objetivo	Identificar CCPP potencialmente más vulnerables por grupo etario De 0 a 1 años y De 65 años a más
Datos Requeridos	De 2 a 14 años De 45 a 64 años De 15 a 29 años y De 30 a 44 años
*Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$POB_ETA = [ETA_01]*0.549 + [ETA_02]*0.271 + [ETA_03]*0.135 + [ETA_04]*0.044$ ($POB_ETA = Población-Grupo Etario$)

*Los geoprocesamientos de datos fueron realizados mediante herramienta de sistemas de información geográfica SIG.

b) Fragilidad Social – Discapacidad

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad social por tipo de discapacidad, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 50**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (**Ver tabla 4. Marco Teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “discapacidad” como limitaciones físicas del ser humano siendo estos: dificultad de visión, dificultad del uso de brazos - manos- piernas - pies, dificultad para oír, aun usando audífonos para sordera y para hablar (entonar / vocalizar), y finalmente ninguna persona con discapacidad.

Tabla 50

Matriz de comparación de pares del factor “discapacidad” para el análisis de vulnerabilidad social

Dimensión Social - Fragilidad Social				
Discapacidad				
Matriz de comparación de pares				
Discapacidad	Para ver, aun usando lentes y alguna otra dificultad o limitación	Para usar brazos y manos / piernas y pies	Para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar)	Ninguna Persona con Discapacidad
Para ver, aun usando lentes y alguna otra dificultad o limitación	1.00	2.00	5.00	9.00
Para usar brazos y manos / piernas y pies	0.500	1.00	4.00	6.00
Para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar)	0.200	0.250	1.00	5.00
Ninguna Persona con Discapacidad	0.111	0.167	0.200	1.00
SUMA	1.81	3.42	10.20	21.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.10	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “discapacidad”, se realiza tratamientos de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 51**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 51

Matriz de normalización de “discapacidad” para el análisis de fragilidad social

Matriz de normalización del parámetro discapacidad						
Discapacidad	Para ver, aun usando lentes y alguna otra dificultad o limitación	Para usar brazos y manos / piernas y pies	Para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar)	Ninguna Persona con Discapacidad	Vector de Priorización	Vector porcentual %
Para ver, aun usando lentes y alguna otra dificultad o limitación	0.552	0.585	0.490	0.429	0.514	51%
Para usar brazos y manos / piernas y pies	0.276	0.293	0.392	0.286	0.312	31%
Para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar)	0.110	0.073	0.098	0.238	0.130	13%
Ninguna Persona con Discapacidad	0.061	0.049	0.020	0.048	0.044	4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{\max} promedio (**Ver tabla 52**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “discapacidad”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la fragilidad social.

Tabla 52*Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias.*

Hallando el vector suma ponderado				λ_{\max}	
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.514	0.623	0.650	0.399	2.186	4.253
0.257	0.312	0.520	0.266	1.354	4.346
0.103	0.078	0.130	0.222	0.532	4.097
0.057	0.052	0.026	0.044	0.179	4.046
Promedio					4.185

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 7.0% (**Ver tabla 53**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para, discapacidades de: dificultad de visión con peso de 51%, dificultad del uso de brazos - manos- piernas – pies con peso de 31%, dificultad para oír aun usando audífonos para sordera y para hablar (entonar / vocalizar) con peso de 13%, y finalmente ninguna persona con discapacidad con peso de 4%.

Tabla 53

Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos.

Índice de Consistencia	IC	0.062
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.070 7.0%

Los descriptores están clasificados según tipos de discapacidades con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el tratamiento de geoprosesameinto (SIG) como DISCA_01, DISCA_02, DISCA_03, y DISCA_04, emparentados para cada tipo de discapacidad (**Ver tabla 54**).

Tabla 54

Representación de descriptores según tipo de discapacidad para el análisis de fragilidad social

Discapacidad	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Para ver, aun usando lentes y alguna otra dificultad o limitación	DISCA_01	0.514	51%
Para usar brazos y manos / piernas y pies	DISCA_02	0.312	31%
Para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar)	DISCA_03	0.130	13%
Ninguna Persona con Discapacidad	DISCA_04	0.044	4%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “discapacidad” se han generado algoritmos básicos para el geoprosesamiento (**Ver tabla 55**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo de discapacidad, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980),

Tabla 55

Flujo de proceso de datos del factor discapacidad para el análisis de fragilidad social

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Discapacidad
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por discapacidad
Datos	Para ver, aun usando lentes y alguna otra dificultad o limitación

Requeridos	Para usar brazos y manos / piernas y pies Para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar) Ninguna Persona con Discapacidad
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[DISCA_01]*0.514 + [DISCA_02]*0.312 + [DISCA_03]*0.130 + [DISCA_04]*0.044$ (POB_DISCAP = Población-Discapacidad)

Nota. Flujo de Proceso de datos del grupo discapacidad para la modelización de la vulnerabilidad

c) Resiliencia Social - Tipo de seguro de salud

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la resiliencia social por tipo de seguro de salud, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 56**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (**Ver tabla 4. Marco Teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “seguro de salud” siendo estos: ningún tipo de seguro, seguro integral de salud-SIS, ESSALUD, y Otro tipo de seguro.

Tabla 56
Matriz de comparación de pares del factor “tipo de seguro” para el análisis de vulnerabilidad social

Dimensión Social - Resiliencia Social				
Tipo de Seguro				
Matriz de comparación de pares				
Tipo de Seguro	Ninguno	SIS (Seguro Integral de Salud)	ESSALUD	Otro Seguro Salud
Ninguno	1.00	3.00	7.00	9.00
SIS (Seguro Integral de Salud)	0.333	1.00	4.00	5.00
ESSALUD	0.143	0.250	1.00	3.00
Otro Seguro Salud	0.111	0.200	0.333	1.00
SUMA	1.59	4.45	12.33	18.00
1/SUMA	0.63	0.22	0.08	0.06

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “tipo de seguro”, se realiza tratamientos de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 57**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 57

Matriz de normalización de “discapacidad” para el análisis de resiliencia social

Matriz de normalización del parámetro tipo de seguro						
Tipo de Seguro	Ninguno	SIS (Seguro Integral de Salud)	ESSALUD	Otro Seguro Salud	Vector de Priorización	Vector porcentual %
Ninguno	0.630	0.674	0.568	0.500	0.593	59%
SIS (Seguro Integral de Salud)	0.210	0.225	0.324	0.278	0.259	26%
ESSALUD	0.090	0.056	0.081	0.167	0.098	10%
Otro Seguro Salud	0.070	0.045	0.027	0.056	0.049	5%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{max} promedio (**Ver tabla 58**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “tipo de seguro”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la resiliencia social.

Tabla 58

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias.

Hallando el vector suma ponderado					λ_{max}
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
0.593	0.778	0.689	0.444	2.504	4.224
0.198	0.259	0.394	0.247	1.098	4.235
0.085	0.025	0.098	0.148	0.356	3.614
0.066	0.052	0.033	0.049	0.200	4.049
Promedio					4.030

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 1.1% (**Ver tabla 59**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “tipo de seguro” siendo: ningún tipo de seguro con peso de 59%, seguro integral de salud-SIS con peso de 26%, ESSALUD con peso de 10%, y finalmente Otro tipo de seguro con peso de 5%.

Tabla 59

Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos.

Índice de Consistencia	IC	0.010
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.011 1.1%

Los descriptores están clasificados según tipos de seguro de salud con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el tratamiento de geoprocuremento (SIG) como SEGURO_01, SEGURO_02, SEGURO_03, y SEGURO_04, emparentados para cada tipo de seguro de salud (**Ver tabla 60**).

Tabla 60

Representación de descriptores según tipo de discapacidad para el análisis de resiliencia social

Tipo de Seguro	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Ninguno	SEGURO_01	0.593	59%
SIS (Seguro Integral de Salud)	SEGURO_02	0.259	26%
ESSALUD	SEGURO_03	0.098	10%
Otro seguro de salud	SEGURO_04	0.049	5%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “tipo de seguro de salud” se han generado algoritmos básicos para el geoprocuremento (**Ver tabla 61**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o

pesos por cada descriptor de tipo de seguro, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980)

Tabla 61

Flujo de proceso de datos del factor tipo de seguro de salud para el análisis de resiliencia social

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Tipo de Seguro
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por tipo de seguro
Datos Requeridos	Ninguno SIS (Seguro Integral de Salud) ESSALUD Otro seguro de salud
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[\text{SEGURO_01}] * 0.593 + [\text{SEGURO_02}] * 0.259 + [\text{SEGURO_03}] * 0.098 + [\text{SEGURO_04}] * 0.049$ ($\text{POB_SEGURO} = \text{Población-Tipo de Seguro}$)

Nota. Flujo de Proceso de datos del tipo de seguro de salud para la modelización de la vulnerabilidad.

d) Resiliencia Social - Educación

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la resiliencia social por nivel educativo alcanzado, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 62**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (Ver tabla 4. Marco Teórico) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “educación” siendo estos: sin educación, con educación inicial / primaria, con educación secundaria, y finalmente con educación superior universitaria y no universitaria.

Tabla 62

Matriz de comparación de pares del factor “tipo de seguro” para el análisis de vulnerabilidad social

Dimensión Social - Resiliencia Social				
Nivel Educativo				
Matriz de comparación de pares				
Nivel Educativo	Sin Educación	Educación Inicial / Primaria	Educación Secundaria	Educación Superior Universitaria y No Universitaria
Sin Educación	1.00	3.00	5.00	9.00
Educación Inicial / Primaria	0.333	1.00	3.00	6.00
Educación Secundaria	0.200	0.333	1.00	4.00
Educación Superior Universitaria y No Universitaria	0.111	0.167	0.250	1.00
SUMA	1.64	4.50	9.25	20.00
1/SUMA	0.61	0.22	0.11	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “nivel educativo alcanzado”, se realizó el tratamiento de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 63**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 63

Matriz de normalización de “nivel educativo” para el análisis de resiliencia social

Matriz de normalización del parámetro nivel educativo						
Nivel Educativo	Sin Educación	Educación Inicial / Primaria	Educación Secundaria	Educación Superior Universitaria y No Universitaria	Vector de Priorización	Vector porcentual %
Sin Educación	0.608	0.667	0.541	0.450	0.566	57%
Educación Inicial / Primaria	0.203	0.222	0.324	0.300	0.262	26%
Educación Secundaria	0.122	0.074	0.108	0.200	0.126	13%
Educación Superior Universitaria y No Universitaria	0.068	0.037	0.027	0.050	0.045	5%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{\max} promedio (**Ver tabla 64**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “Nivel de Educación”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la resiliencia social.

Tabla 64

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor nivel educativo

Hallando el vector suma ponderado					λ_{\max}
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.549	0.813	0.677	0.397	2.437	4.303
0.183	0.271	0.406	0.265	1.125	4.291
0.110	0.090	0.135	0.177	0.512	4.068
0.061	0.045	0.034	0.044	0.184	4.057
Promedio					4.180

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 6.8% (**Ver tabla 65**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “Nivel Educativo” siendo: sin educación 57%, con educación inicial / primaria 26%, con educación secundaria 13%, y finalmente con educación superior universitaria y no universitaria 5%.

Tabla 65

Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos.

Índice de Consistencia	IC	0.060
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.068 6.8%

Los descriptores están clasificados según tipos de seguro de salud con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el geoprocesamiento (SIG) como EDUCA_01, EDUCA_02, EDUCA_03, y EDUCA_04, emparentados para cada tipo de nivel educativo (**Ver tabla 66**).

Tabla 66
Representación de descriptores según tipo de discapacidad para el análisis de resiliencia social

Nivel Educativo	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Sin Nivel	EDUCA_01	0.566	57%
Educación Inicial / Primaria	EDUCA_02	0.262	26%
Secundaria	EDUCA_03	0.126	13%
Superior No Universitaria incompleta / completa y Superior Universitaria incompleta / completa	EDUCA_04	0.045	5%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “Nivel Educativo” se han generado algoritmos básicos para el geoprocesamiento (**Ver tabla 67**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo nivel educativo, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980).

Tabla 67
Flujo de proceso de datos del factor nivel educativo para el análisis de resiliencia social

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Nivel Educativo
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por nivel educativo Sin Nivel Educación Inicial / Primaria
Datos Requeridos	Secundaria Superior No Universitaria incompleta / completa y Superior Universitaria incompleta / completa
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[EDUCA_01]*0.566 + [EDUCA_02]*0.262 + [EDUCA_03]*0.126 + [EDUCA_04]*0.045$ (POB_EDUCAC = Población-Nivel Educativo)

Nota. Flujo de Proceso de datos del nivel educativo para la modelización de la vulnerabilidad

5.2.1.2. Evaluación de la fragilidad y resiliencia económica

a) Fragilidad económica – Material de Pared

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad económica por tipo de material de pared de vivienda, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (Ver tabla 68) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (Ver tabla 4. Marco Teórico) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “Vivienda-material de pared” siendo estos: primero triplay, calamina / estera. Segundo, madera (pona, tornillo, etc.), tercero, adobe o tapia, quincha (caña con barro), y cuarto, ladrillo o bloque de concreto

Tabla 68

Matriz de comparación de pares del factor “Vivienda-material de pared” para el análisis de vulnerabilidad económica

Dimensión Económica - Fragilidad Económica				
Vivienda - Material De Pared				
Matriz de comparación de pares				
Vivienda - Material De Pared	Triplay, calamina / estera	Madera (pona, tornillo, etc)	Adobe o tapia, Quincha (caña con barro)	Ladrillo o bloque de concreto
Triplay, calamina / estera	1.00	3.00	5.00	9.00
Madera (pona, tornillo, etc.)	0.33	1.00	3.00	7.00
Adobe o tapia, Quincha (caña con barro)	0.20	0.33	1.00	5.00
Ladrillo o bloque de concreto	0.11	0.14	0.20	1.00
SUMA	1.64	4.48	9.20	22.00
1/SUMA	0.608	0.223	0.109	0.045

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “vivienda-material de pared”, se realizó el tratamiento de datos mediante **matrices para la normalización de datos** (**Ver tabla 69**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 69

Matriz de normalización de “vivienda-material de pared” para el análisis de fragilidad económica

Matriz de Normalización del Parámetro Vivienda - Material de Pared						
Vivienda - Material De Pared	Triplay, calamina / estera	Madera (pona, tornillo, etc.)	Adobe o tapia, Quincha (caña con barro)	Ladrillo o bloque de concreto	Vector Priorización	Vector porcentual %
Triplay, calamina / estera	0.608	0.670	0.543	0.409	0.558	56%
Madera (pona, tornillo, etc.)	0.203	0.223	0.326	0.318	0.268	27%
Adobe o tapia, Quincha (caña con barro)	0.122	0.074	0.109	0.227	0.133	13%
Ladrillo o bloque de concreto	0.068	0.032	0.022	0.045	0.042	4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{max} promedio (**Ver tabla 70**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “Vivienda-material de pared”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la fragilidad económica.

Tabla 70

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor vivienda-material de pared

Hallando el Vector Suma Ponderado					λ -max
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.558	0.803	0.665	0.375	2.401	4.304
0.186	0.268	0.399	0.292	1.144	4.276
0.112	0.089	0.133	0.208	0.542	4.076
0.062	0.038	0.027	0.042	0.168	4.043
Promedio					4.175

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 6.8% (**Ver tabla 71**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “Vivienda-material de pared” siendo: primero triplay, calamina / estera con peso de 56%., Segundo, madera (pona, tornillo, etc.) con peso de 27%., tercero, adobe o tapia, quincha (caña con barro) con peso de 13%., y cuarto, ladrillo o bloque de concreto con peso de 4% de prioridad.

Tabla 71

Calculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos.

Índice de Consistencia	IC	0.058
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.066 6.6%

Los descriptores están clasificados según tipos de material de pared de las viviendas con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el geoprocseamiento (SIG) como PARED_01, PARED _02, PARED _03, y PARED _04, emparentados para cada tipo de material de pared (**Ver tabla 72**).

Tabla 72

Representación de descriptores según tipo de material de pared-vivienda para el análisis de fragilidad económica

Vivienda - Material De Pared	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Estera / Madera (pona, tornillo, etc.) / Otro material	PARED_01	0.558	56%
Quincha (caña con barro) / Piedra con barro	PARED_02	0.268	27%
Adobe o tapia	PARED_03	0.133	13%
Ladrillo o Bloque de cemento / Piedra o Sillar con cal o cemento	PARED_04	0.042	4%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “material de pared de vivienda” se han generado algoritmos básicos para el geoprocésamiento (**Ver tabla 73**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo material de pared, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980).

Tabla 73

Flujo de proceso de datos del factor “tipo de pared-vivienda” para el análisis de fragilidad económica

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vivienda - Material de Pared
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por material de la pared de la vivienda Estera / Madera (pona, tornillo, etc.) / Otro material
Datos Requeridos	Quincha (caña con barro) / Piedra con barro Adobe o tapia Ladrillo o Bloque de cemento / Piedra o Sillar con cal o cemento
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[PARED_01]*0.558 + [PARED_02]*0.268 + [PARED_03]*0.133 + [PARED_04]*0.042$ (VIV_PARED = Vivienda-Material de Pared)

Nota. Flujo de Proceso de datos del material de pared para la modelización de la vulnerabilidad

b) Fragilidad económica – material de piso

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad económica por tipo de material de piso de vivienda, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha

desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 74**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (**Ver tabla 4. Marco Teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “material de piso de vivienda” siendo estos: en primer orden tenemos al cemento/losetas, terrazos, cerámicos o similares/láminas asfálticas, vinilos o similares; en segundo orden tenemos a la madera (pona, tornillo, etc.) /parquet o madera pulida; en tercer orden tenemos a piso de materia de tierra; y en cuarto orden tenemos a otro tipo material de piso.

Tabla 74

Matriz de comparación de pares del factor “Vivienda-material de piso” para el análisis de vulnerabilidad económica

Dimensión Económica - Fragilidad Económica				
Vivienda - Material De Piso				
Matriz de comparación de pares				
Vivienda - Material De Piso	Otro Material	Tierra	Madera (pona, tornillo, etc.)/Parquet o madera pulida	Cemento/losetas, terrazos, cerámicos o similares/Láminas asfálticas, vinilos o similares
Otro Material	1.00	2.00	4.00	9.00
Tierra	0.50	1.00	3.00	7.00
Madera (pona, tornillo, etc.)/Parquet o madera pulida	0.25	0.33	1.00	5.00
Cemento/losetas, terrazos, cerámicos o similares/Láminas asfálticas, vinilos o similares	0.11	0.14	0.20	1.00
SUMA	1.86	3.48	8.20	22.00
1/SUMA	0.54	0.29	0.12	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “vivienda-material de piso”, se realizó el tratamiento de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 75**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 75

Matriz de normalización de “vivienda-material de pared” para el análisis de fragilidad económica

Matriz de Normalización del Parámetro Vivienda-Material de Piso						
Vivienda - Material De Piso	Otro Material	Tierra	Madera (pona, tornillo, etc.)/Parquet o madera pulida	Cemento/losetas, terrazos, cerámicos o similares/Láminas asfálticas, vinilos o similares	Vector de Priorización	Vector porcentual
Otro Material	0.537	0.575	0.488	0.409	0.502	50%
Tierra	0.269	0.288	0.366	0.318	0.310	31%
Madera (pona, tornillo, etc.)/Parquet o madera pulida	0.134	0.096	0.122	0.227	0.145	14%
Cemento/losetas, terrazos, cerámicos o similares/Láminas asfálticas, vinilos o similares	0.060	0.041	0.024	0.045	0.043	4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	96%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{max} promedio (**Ver tabla 76**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “Vivienda-material de piso”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la fragilidad económica.

Tabla 76

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor vivienda-material de piso

Hallando el Vector Suma Ponderado					λ -max
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.502	0.62	0.579	0.384	2.086	4.152
0.251	0.31	0.435	0.299	1.294	4.175
0.126	0.103	0.145	0.213	0.587	4.053
0.056	0.044	0.029	0.043	0.172	4.026
Promedio					4.101

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 3.8% (**Ver tabla 77**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “vivienda-material de piso” siendo: en primer orden tenemos al cemento/losetas, terrazos, cerámicos o similares/láminas asfálticas, vinilos o similares con peso de 4% de prioridad; en segundo orden tenemos a la madera (pona, tornillo, etc.)/parquet o madera pulida con peso de 14% de prioridad; en tercer orden tenemos a piso de materia de tierra con peso de 31% de prioridad; y en cuarto orden tenemos a otro tipos material de piso con peso de 50% de prioridad.

Tabla 77

Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “material de piso-vivienda”

Índice de Consistencia	IC	0.034	
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.038	3.8%

Los descriptores están clasificados según tipos de material de pared de las viviendas con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el geoprocementado (SIG) como PISO_01, PISO _02, PISO _03, y PISO _04, emparentados para cada tipo de material de piso (**Ver tabla 78**).

Tabla 78

Representación de descriptores según tipo de material de piso-vivienda para el análisis de fragilidad económica

Vivienda - Material De Piso	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Otro material	PISO_01	0.502	50%
Tierra	PISO_02	0.310	31%
Madera (pona, tornillo, etc.) / Parquet o madera pulida	PISO_03	0.145	14%
Cemento / Losetas, terrazos, cerámicos o similares / Láminas asfálticas, vinílicos o similares	PISO_04	0.043	4%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “material de piso de vivienda” se han generado algoritmos básicos para el geoprocésamiento (**Ver tabla 79**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo material de piso, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980).

Tabla 79

Flujo de proceso de datos del factor “tipo de piso-vivienda” para el análisis de fragilidad económica

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vivienda - Material de Piso
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por material de piso de la vivienda Otro material
Datos	Tierra
Requeridos	Madera (pona, tornillo, etc.) / Parquet o madera pulida Cemento / Losetas, terrazos, cerámicos o similares / Láminas asfálticas, vinílicos o similares
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[PISO_01]*0.502 + [PISO_02]*0.310 + [PISO_03]*0.145 + [PISO_04]*0.043$ (VIV_PISO = Vivienda-Material Piso)

Nota. Flujo de Proceso de datos del material de piso para la modelización de la vulnerabilidad

c) Resiliencia económica - Vivienda - tipo de tenencia

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad económica por tipo de material de piso de vivienda, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 80**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (**Ver tabla 4. Marco Teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “vivienda-tipo de

tenencia” siendo estos: en primer orden tenemos tenencia Propia por invasión; en segundo orden tenemos a alquilada; en tercer orden tenemos a cedida por el centro de trabajo, otro hogar, institución, otra forma; y en cuarto orden tenemos a propia, pagándola a plazos y/o propia totalmente pagada.

Tabla 80

Matriz de comparación de pares del factor “Vivienda-tipo de tenencia” para el análisis de vulnerabilidad económica

Dimensión Económica - Resiliencia Económica				
Vivienda - Tipo de Tenencia				
Matriz de comparación de pares				
Vivienda - Tipo De Tenencia	Propia por invasión	Alquilada	Cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma	Propia, pagándola a plazos / Propia, totalmente pagada
Propia por invasión	1.00	3.00	5.00	9.00
Alquilada	0.33	1.00	4.00	6.00
Cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma	0.20	0.25	1.00	4.00
Propia, pagándola a plazos / Propia, totalmente pagada	0.11	0.17	0.25	1.00
SUMA	1.64	4.42	10.25	20.00
1/SUMA	0.61	0.23	0.10	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “vivienda-tipo de tenencia”, se realizó el tratamiento de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 81**) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 81

Matriz de normalización de “vivienda-tipo de tenencia” para el análisis de resiliencia económica

Matriz de Normalización del Parámetro Vivienda-Tipo de Tenencia						
Vivienda - Tipo De Tenencia	Propia por invasión	Alquilada	Cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma	Propia, pagándola a plazos / Propia, totalmente pagada	Vector Priorización	Vector porcentual %
Propia por invasión	0.608	0.679	0.488	0.450	0.556	56%
Alquilada	0.203	0.226	0.390	0.300	0.280	28%
Cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma	0.122	0.057	0.098	0.200	0.119	12%
Propia, pagándola a plazos / Propia, totalmente pagada	0.068	0.038	0.024	0.050	0.045	4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{max} promedio (**Ver tabla 82**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “vivienda-tipo de tenencia”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la resiliencia económica.

Tabla 82

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor “vivienda - tipo de tenencia”

Hallando el vector suma ponderado					λ-max
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.556	0.840	0.595	0.404	2.395	4.305
0.185	0.280	0.476	0.270	1.211	4.326
0.111	0.070	0.119	0.180	0.480	4.034
0.062	0.047	0.030	0.045	0.183	4.076
Promedio					4.185

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 7.0% (**Ver tabla 83**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “vivienda-tipo de tenencia” siendo: en primer orden tenemos tenencia de vivienda propia por invasión con peso de 56% de prioridad; en segundo orden tenemos a alquilada con peso de 28% de prioridad; en tercer orden tenemos a vivienda cedida por el centro de trabajo, otro hogar, institución, otra forma con peso de 12% de prioridad; y en cuarto orden tenemos a vivienda propia, pagándola a plazos y/o propia totalmente pagada con peso de 4% de prioridad.

Tabla 83

Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “vivienda-tipo de tenencia”

Índice de Consistencia	IC	0.062	
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.070	7.0%

Los descriptores están clasificados según tipos tipo de tenencia de vivienda con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el geoprosesamiento (SIG) como TENENC_01, TENENC_02, TENENC_03, y TENENC_04, emparentados para cada tipo de material de piso (**Ver tabla 84**).

Tabla 84

Representación de descriptores según tipo de material de piso-vivienda para el análisis de resiliencia económica

Vivienda - Tipo De Tenencia	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Propia por invasión	TENENC_01	0.556	56%
Alquilada	TENENC_02	0.280	28%
Cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma	TENENC_03	0.119	12%
Propia, pagándola a plazos / Propia, totalmente pagada	TENENC_04	0.045	5%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “vivienda-tipo de tenencia” se han generado algoritmos básicos para el geoprocamiento (Ver tabla 85), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo material de piso, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980).

Tabla 85

Flujo de proceso de datos del factor “vivienda-tipo de tenencia” para el análisis de resiliencia económica

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vivienda - Tipo de Tenencia.
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por tipo de tenencia de la vivienda.
Datos	Propia por invasión Alquilada
Requeridos	Cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma Propia, pagándola a plazos / Propia, totalmente pagada
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[TENENC_01]*0.556 + [TENENC_02]*0.280 + [TENENC_03]*0.119 + [TENENC_04]*0.045$ (VIV_TENENC = Vivienda-Tipo de Tenencia)

Nota. Flujo de Proceso de datos del tipo de tenencia de vivienda para la modelización de la vulnerabilidad.

d) Resiliencia económica – abastecimiento de agua

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad económica por tipo de abastecimiento de

agua, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 86**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (**Ver tabla 4. Marco Teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “abastecimiento de agua” siendo estos: en primer orden tenemos río, acequia, lago, laguna; en segundo orden tenemos a pozo, camión-cisterna u otro similar; en tercer orden tenemos a pilón de uso público (agua potable) y en cuarto orden tenemos a red pública fuera y dentro de vivienda (agua potable).

Tabla 86
Matriz de comparación de pares del factor “abastecimiento de agua” para el análisis de vulnerabilidad económica

Dimensión Económica - Resiliencia Económica				
Vivienda - Abastecimiento De Agua				
Matriz de comparación de pares				
Vivienda - Abastecimiento De Agua	Río, Acequia, Lago, Laguna	Pozo / Camión-cisterna u otro similar	Pilón de uso público (agua potable)	Red pública fuera y dentro de vivienda (agua potable)
Río, Acequia, Lago, Laguna	1.00	3.00	5.00	8.00
Pozo / Camión-cisterna u otro similar	0.33	1.00	4.00	7.00
Pilón de uso público (agua potable)	0.20	0.25	1.00	4.00
Red pública fuera y dentro de vivienda (agua potable)	0.13	0.14	0.25	1.00
SUMA	1.66	4.39	10.25	20.00
1/SUMA	0.60	0.23	0.10	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “abastecimiento de agua”, se realizó el tratamiento de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (**Ver tabla 87**)

donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 87

Matriz de normalización de “abastecimiento de agua” para el análisis de resiliencia económica

Matriz de normalización del parámetro abastecimiento de agua						
Vivienda - Abastecimiento de agua	Río, Acequia, Lago, Laguna	Pozo / Camión-cisterna u otro similar	Pilón de uso público (agua potable)	Red pública fuera y dentro de vivienda (agua potable)	Vector Priorización	Vector porcentual %
Río, Acequia, Lago, Laguna	0.603	0.683	0.488	0.400	0.543	54%
Pozo / Camión-cisterna u otro similar	0.201	0.228	0.390	0.350	0.292	29%
Pilón de uso público (agua potable)	0.121	0.057	0.098	0.200	0.119	12%
Red pública fuera y dentro de vivienda (agua potable)	0.075	0.033	0.024	0.050	0.046	5%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{\max} promedio (**Ver tabla 88**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “abastecimiento de agua”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la resiliencia económica.

Tabla 88

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor “abastecimiento de agua”

Hallando el vector suma ponderado					λ -max
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.543	0.877	0.594	0.365	2.379	4.377
0.181	0.292	0.475	0.319	1.267	4.337
0.109	0.073	0.119	0.182	0.483	4.065
0.068	0.042	0.030	0.046	0.185	4.058
Promedio					4.209

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 7.9% (**Ver tabla 89**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “abastecimiento de agua” siendo: en primer orden tenemos a río, acequia, lago, laguna con peso de 54% de prioridad; en segundo orden tenemos a pozo, camión-cisterna u otro similar con peso de 29% de prioridad; en tercer orden tenemos a pilón de uso público (agua potable) con peso de 12% de prioridad; y en cuarto orden tenemos a red pública fuera y dentro de vivienda (agua potable) con peso de 4% de prioridad.

Tabla 89

Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “abastecimiento de agua”

Índice de Consistencia	IC	0.070
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.079 7.9%

Los descriptores están clasificados según tipos tipo de tenencia de vivienda con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el geoprocetamiento (SIG) como

AGUA_01, AGUA _02, AGUA _03, y AGUA _04, emparentados para cada tipo de material de piso (**Ver tabla 90**).

Tabla 90

Representación de descriptores según “abastecimiento de agua” para el análisis de resiliencia económica

Vivienda - Abastecimiento De Agua	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
Río, acequia, manantial o similar / Otro	AGUA_01	0.543	54%
Pozo / Camión-cisterna u otro similar	AGUA_02	0.292	29%
Pilón de uso público (agua potable)	AGUA_03	0.119	12%
Red Pública Fuera de la vivienda (Agua potable) / Red pública Dentro de la vivienda (Agua potable) / Vecino	AGUA_04	0.046	5%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “abastecimiento de agua” se han generado algoritmos básicos para el geoprocésamiento (**Ver tabla 91**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo material de piso, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980),

Tabla 91

Flujo de proceso de datos del factor “abastecimiento de agua” para el análisis de resiliencia económica

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vivienda - Abastecimiento de Agua
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por abastecimiento de agua Río, acequia, manantial o similar / Otro Pozo / Camión-cisterna u otro similar
Datos Requeridos	Pilón de uso público (agua potable) Red Pública Fuera de la vivienda (Agua potable) / Red pública Dentro de la vivienda (Agua potable) / Vecino
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[AGUA_01]*0.543 + [AGUA_02]*0.292 + [AGUA_03]*0.119 + [AGUA_04]*0.046$ (VIV_AGUA = Vivienda-Abastecimiento de Agua)

Nota. Flujo de Proceso de datos del tipo de abastecimiento de agua para la modelización de la vulnerabilidad.



e) Resiliencia económica - Servicios Higiénicos (SSHH)

Para la determinación de la asignación de criterios ponderativos de la fragilidad económica por tipo de **servicios higiénicos**, mediante el proceso de análisis Jerárquico AHP se ha desarrollado una matriz de comparaciones pareadas (**Ver tabla 92**) donde se asignan valores numéricos dentro de un rango del 1 al 9 cada uno con un criterio de importancia (**Ver tabla 4. Marco Teórico**) con la finalidad de dar coherencia de pesos y/o del vector priorizado a cada uno de los cuatro (04) descriptores del factor “servicios higiénicos” siendo estos: en primer orden tenemos, sin SSHH y/o no tiene; en segundo orden tenemos a río, acequia o canal; en tercer orden tenemos a pozo ciego o negro, letrina, pozo séptico; y en cuarto orden tenemos a red pública de desagüe fuera de la vivienda, red pública de desagüe dentro de la vivienda.

Tabla 92

Matriz de comparación de pares del factor “servicios higiénicos” para el análisis de vulnerabilidad económica

Dimensión Económica - Resiliencia Económica				
Vivienda - SSHH Conectado a matriz de comparación de pares				
Vivienda - SSHH Conectado a	No tiene	Río, acequia o canal	Pozo ciego o negro / letrina / Pozo séptico	Red pública de desagüe fuera de la Vivienda / Red pública de desagüe dentro de la Vivienda
No tiene	1.00	3.00	5.00	9.00
Río, acequia o canal	0.33	1.00	3.00	7.00
Pozo ciego o negro / letrina / Pozo séptico	0.20	0.33	1.00	5.00
Red pública de desagüe fuera de la Vivienda / Red pública de desagüe dentro de la Vivienda	0.11	0.14	0.20	1.00
SUMA	1.64	4.48	9.20	22.00
1/SUMA	0.61	0.22	0.11	0.05

Una vez asignado los valores de criterios de importancia por pares a los descriptores del factor “servicios higiénicos”, se realizó el tratamiento de datos mediante **matrices para la normalización** de datos (Ver tabla 93) donde se obtiene vectores priorizados llamados también pesos, los mismos que fueron sometidos a control de consistencia.

Tabla 93

Matriz de normalización de “servicios higiénicos” para el análisis de resiliencia económica

Matriz de normalización del parámetro SSHH conectado a						
Vivienda - SSHH Conectado a	No tiene	Río, acequia o canal	Pozo ciego o negro / letrina / Pozo séptico	Red pública de desagüe fuera de la Vivienda / Red pública de desagüe dentro de la Vivienda	Vector Priorización	Vector porcentual %
No tiene	0.608	0.670	0.543	0.409	0.558	56%
Río, acequia o canal	0.203	0.223	0.326	0.318	0.268	27%
Pozo ciego o negro / letrina / Pozo séptico	0.122	0.074	0.109	0.227	0.133	13%
Red pública de desagüe fuera de la Vivienda / Red pública de desagüe dentro de la Vivienda	0.068	0.032	0.022	0.045	0.042	4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Seguidamente se realiza el tratamiento del vector priorizado y el vector suma ponderado mediante la función cociente para la estimación del factor λ_{max} promedio (**Ver tabla 94**) dentro del desarrollo de la estimación del grado de consistencia, el cual nos indica si se acepta o se rechaza los criterios de valores asignados a los descriptores del factor “servicios higiénicos”, y así evitar contradicciones e incoherencias en el análisis de pares de la resiliencia económica.

Tabla 94

Operación de matrices del vector promedio para el cálculo de consistencias del factor “servicios higiénicos”

Hallando el vector suma ponderado				λ -max	
Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizado
0.558	0.803	0.665	0.375	2.401	4.304
0.186	0.268	0.399	0.292	1.144	4.276
0.112	0.089	0.133	0.208	0.542	4.076
0.062	0.038	0.027	0.042	0.168	4.043
Promedio					4.175

Finalmente se puede apreciar que hay una relación de consistencia de 6.6% (**Ver tabla 95**) que está por debajo del 8% máximo aceptable para matrices de cuatro entradas, por lo cual es ampliamente aceptable en los criterios de asignación de valores; de manera que los pesos definitivos asignados son aceptables para el factor “servicios higiénicos” siendo: en primer orden tenemos sin SSHH y/o no tiene, con peso de 56% de prioridad; en segundo orden tenemos a río, acequia o canal con peso de 27% de prioridad; en tercer orden tenemos pozo ciego o negro, letrina, pozo séptico otra forma con peso de 13% de prioridad; y en cuarto orden tenemos a red pública de desagüe fuera de la vivienda, red pública de desagüe dentro de la vivienda con peso de 4% de prioridad.

Tabla 95

Cálculo de consistencia para la aceptabilidad de ponderación de pesos del factor “servicios higiénicos”

Índice de Consistencia	IC	0.058	
Relación de Consistencia < 0.08 (*)	RC	0.066	6.6%

Los descriptores están clasificados según tipos servicios higiénicos con pesos porcentuales para priorizar importancias unos respecto a otros, y han sido codificados para el geoprosesamiento (SIG) como SSHH_01, SSHH

_02, SSHH _03, y SSHH _04, emparentados para cada tipo de conexión de servicios higiénicos (**Ver tabla 96**).

Tabla 96

Representación de descriptores según tipo de servicios higiénicos para el análisis de resiliencia económica

Vivienda - SSHH Conectado a	Representación SIG	Vector de Priorización	Vector porcentual
No tiene	SSHH_01	0.558	56%
Río, acequia o canal	SSHH_02	0.268	27%
Pozo ciego o negro / letrina / Pozo séptico	SSHH_03	0.133	13%
Red pública de desagüe fuera de la Vivienda / Red pública de desagüe dentro de la Vivienda	SSHH_04	0.042	4%
Total			100%

Dentro del flujo de procesamiento de datos del factor “servicios higiénicos” se han generado algoritmos básicos para el geoprocamiento (**Ver tabla 97**), estos algoritmos se ejecutan con dominio de vectores priorizados o pesos por cada descriptor de tipo de conexión de servicios higiénicos, previamente sometidas a control de consistencias mediante procesos jerárquicos AHP (Saaty, 1980).

Tabla 97

Flujo de proceso de datos del factor “servicios higiénicos” para el análisis de resiliencia económica

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vivienda - SSHH Conectado a
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por servicios higiénicos
	No tiene
	Río, acequia o canal
Datos Requeridos	Pozo ciego o negro / letrina / Pozo séptico Red pública de desagüe fuera de la Vivienda / Red pública de desagüe dentro de la Vivienda
	[SSHH_01]*0.558 + [SSHH_02]*0.268 + [SSHH_03]*0.133 + [SSHH_04]*0.042
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	(VIV_SSHH = Vivienda-Servicios Higiénicos Conectados a)

Nota. Flujo de Proceso de datos del tipo de conexión de SSHH para la modelización de la vulnerabilidad.

Flujo de proceso de factores de la fragilidad y resiliencia social en conjunto

Una vez analizados cada descriptor mediante la asignación de pesos por procesos jerárquicos anteriormente expuestos, nuevamente analizamos los factores de la dimensión social, pero en conjunto tanto la **fragilidad social** (población etaria y población de discapacidad) mediante un geoprocesamiento de algoritmos simples (**Ver tabla 98**), y **resiliencia social** (Seguro de salud y educación) con un algoritmo de geoprocesamiento simple (**Ver tabla 99**).

Tabla 98

Flujo de Proceso en conjunto de la fragilidad social para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Fragilidad Social
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más frágiles por tipo social
Datos Requeridos	[POB_ETA] [POB_DISCA]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[POB_ETA]*0.6 + [POB_DISCA]*0.4$ (FRAG_SOC = Fragilidad Social)

Tabla 99

Flujo de Proceso en conjunto de la resiliencia social para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Resiliencia Social
Objetivo	Identificar zonas potencialmente menos resilientes por tipo social
Datos Requeridos	[POB_SEGURO] [POB_EDUCA]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[POB_SEGURO]*0.7 + [POB_EDUCA]*0.3$ (RES_SOC = Resiliencia Social)

Flujo de proceso de factores de la fragilidad y resiliencia económica en conjunto

De la misma manera una vez analizados cada descriptor mediante la asignación de pesos por procesos jerárquicos anteriormente expuestos, nuevamente analizamos los factores de la dimensión económica, pero en conjunto tanto la **fragilidad económica** (tipo de pared y tipo de piso de vivienda) mediante un geoprocesamiento de algoritmos simples (**Ver tabla 100**), y **resiliencia económica** (agua, desagüe-sshh, y tipo de tenencia de vivienda) con un geoprocesamiento simple (**Ver tabla 101**).

Tabla 100

Flujo de Proceso en conjunto de la fragilidad económica para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Fragilidad Económica
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más frágiles por tipo económico
Datos Requeridos	[VIV_PARED] [VIV_PISO]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[VIV_PARED]*0.7 + [VIV_PISO]*0.3$ FRAG_ECON = Fragilidad Económica)

Tabla 101

Flujo de Proceso en conjunto de la resiliencia económica para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Resiliencia Económica
Objetivo	Identificar zonas potencialmente menos resilientes por tipo económico
Datos Requeridos	[VIV_TENENC] [VIV_AGUA] [VIV_SSHH]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[VIV_TENENC]*0.1 + [VIV_AGUA]*0.7 + [VIV_SSHH]*0.2$ (RES_ECON = Resiliencia Económica)

Flujo de procesos de análisis de vulnerabilidad social y económica en conjunto

Una vez analizados la fragilidad y resiliencia anteriormente expuestos (**ver tablas 100 y 101**), nuevamente analizamos los factores de la vulnerabilidad en conjunto tanto la **vulnerabilidad social** (fragilidad y resiliencia social) mediante un geoprocesamiento de algoritmos simples (**Ver tabla 102**), y **vulnerabilidad económica** (fragilidad y resiliencia económica) con un algoritmo de geoprocesamiento simple (**Ver tabla 103**).

Tabla 102

Flujo de Proceso en conjunto de la vulnerabilidad social para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vulnerabilidad Social
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por características sociales
Datos Requeridos	[FRAG_SOC] [RES_SOC]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[FRAG_SOC]*0.3 + [RES_SOC]*0.7$ (VUL_SOC = Vulnerabilidad Social)

Tabla 103

Flujo de Proceso en conjunto de la vulnerabilidad económica para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos	
Submodelo Auxiliar	Vulnerabilidad Económica
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por características económicas
Datos Requeridos	[FRAG_ECON] [RES_ECON]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[FRAG_ECON]*0.4 + [RES_ECON]*0.6$ (VUL_ECON = Vulnerabilidad Económica)

Flujo de procesos de análisis de vulnerabilidad TOTAL en conjunto

Una vez analizados la vulnerabilidad social y económica en anteriormente expuestos (**Ver tablas 101 y 102**), nuevamente analizamos los factores de la

vulnerabilidad total (vulnerabilidad social y vulnerabilidad económica) mediante un geoprocesamiento de algoritmos simples (**ver tabla 104**).

Tabla 104

Flujo de Proceso final de la vulnerabilidad social y económica total para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de Proceso de Datos de la Vulnerabilidad Total	
Submodelo Auxiliar	Vulnerabilidad
Objetivo	Identificar zonas potencialmente más vulnerables por características sociales y económicas
Datos Requeridos	[VUL_ECON] [VUL_SOC]
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[VUL_ECON]*0.5 + [VUL_SOC]*0.5$ (VULNERABIL = Vulnerabilidad)

Resultados finales de la vulnerabilidad poblacional

Se han analizado un total de 1209 centros poblados (CCPP) que incluyen las capitales tanto de distritos como de provincia, y como resultado final del modelo de vulnerabilidad social en la provincia de Carabaya, no existen centros poblado con niveles de vulnerabilidad muy alto, sin embargo excepcionalmente han resultado un total de 572 centros poblados (**Ver figura 93**) con vulnerabilidad de nivel alto que representa el 47% (**Ver tabla 105**) del total, seguidamente existen 520 centros poblados con vulnerabilidad de nivel medio que representa el 43% del total, 117 CCPP con vulnerabilidad de nivel bajo que representa el 10% de la población total, y ningún centro poblado con nivel de vulnerabilidad de nivel muy bajo. Siendo así las poblaciones vulnerables con nivel alto el mayor indicador porcentual dando a entender que es extraordinariamente altos las cantidades de centros poblados con vulnerabilidad alta, de la misma manera las poblaciones con niveles de vulnerabilidad media representan una gran cantidad y sabiendo que las poblaciones son altamente dinámicas y cambiantes estas podrían fácilmente pasar a niveles de vulnerabilidad alta y también a niveles de vulnerabilidad baja.

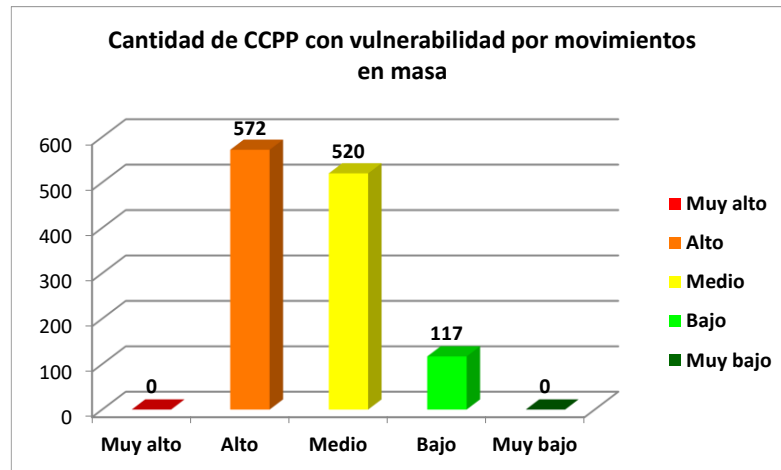


Figura 93. Concentración de centros poblados con diferentes niveles de vulnerabilidad

Las cantidades totales de centros poblados con vulnerabilidades clasificadas según su nivel de vulnerabilidad como muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo se adjuntan una relación a manera de tabla de resultados en el apartado de anexos (**VER ANEXO B**)

Tabla 105

Concentraciones porcentuales de ccpp con diferentes niveles de vulnerabilidad

Cantidad de CCPP con niveles de Vulnerabilidad por movimiento en masa - Carabaya		
Nivel de vulnerabilidad	Cantidad de CCPP	Porcentaje (%)
Muy alto	0	0%
Alto	572	47%
Medio	520	43%
Bajo	117	10%
Muy bajo	0	0%
Total	1209	100%

Modelización cartografía de la vulnerabilidad social

De esta manera los centros poblados con sus distintos grados de vulnerabilidad a movimientos en masa se extiende gran parte en la zona altoandina y a lo largo de la carretera interoceánica siendo, San Gabán, Macusani, Ajoyani,

Crucero, y Ollachea los distritos con mayor cantidad de centro poblados concentrados.

Para visualizar el modelo cartográfico o mapa de vulnerabilidad social frente al peligro por movimiento en masa (**VER ANEXO 14**)

5.2.2. Análisis de la vulnerabilidad de la red vial frente al peligro por movimiento en masa

El análisis de la vulnerabilidad de la red vial tiene el fin de identificar caminos y/o accesos terrestres de red vial expuestos a la ocurrencia de fenómenos naturales, referidos a efectos con mayor o menor vulnerabilidad de un espacio geográfico ocasionado por los peligros identificados de movimientos en masa en el área de estudio.

Para la modelización cartográfica de la vulnerabilidad vial por fenómeno de movimiento en masa se ha planteado un esquema (**Ver figura 94**), como subproceso, donde intervienen la interacción de las variables y/o factores de la dimensión económica conformadas por cuatro (04) tipos de variables indicador como son: superficie de la red vial, estado de la red vial, clasificación de la red vial, e intervención de la red vial; donde se consideró a la superficie de vía y el estado de vía como la fragilidad económica, y a la clasificación de vía e intervención de vía se le consideró como la resiliencia económica, y de esta manera mediante la interacción entre la fragilidad económica y resiliencia económica vial nace la vulnerabilidad de la red vial. Este modelo de vulnerabilidad vial clasifica en cinco (05) niveles de vulnerabilidad vial (muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo) que se muestra cartográficamente a manera de líneas.

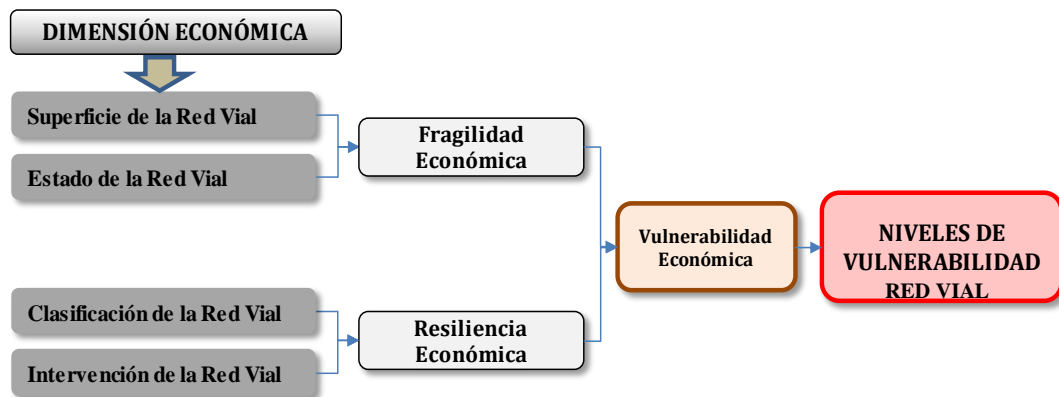


Figura 94. *Vulnerabilidad vial por movimiento en masa*

Se ha realizado una matriz de parámetros y descriptores (**Ver tabla 106**) para identificar a la red vial expuesta a la ocurrencia de fenómenos naturales, referidos a efectos de mayor o menor vulnerabilidad de un espacio geográfico ocasionado por los peligros identificados de movimientos de masa. En esta tabla se realiza el análisis de criterios de los pesos asignados a cada descriptor, así como la estructura jerárquica de la construcción del modelo. Donde se analizó cada una de las cuatro (04) variables, teniendo en primer orden la **superficie de la red vial** conformado por descriptores de, trocha, sin afirmar, afirmado, y asfaltado; en segundo orden el **estado de la red vial** conformado por descriptores de muy malo, malo, regular, y bueno; en tercer orden la **clasificación de la red vial** conformado por descriptores de red vial vecinal no registrado, red vial vecinal, red vial departamental, y red vial nacional; y en cuarto orden la variable de **intervención de la red vial** conformado por otros descriptores de vías.

Tabla 106

Matriz de análisis multicriterio del sub modelo de vulnerabilidad vial

Matriz de variables e indicadores de red vial											
Sub modelo	Código de Geoproceso	Submodelo intermedio - dimensiones	Submodelo intermedio - dimensiones	Pesos (%)	Código de Geoproceso	Aspectos a evaluar	Pesos (%)	Código de Geoproceso	Variables	Criterios de evaluación	
VULNERABILIDAD	VUL_ECON	VULNERABILIDAD ECONOMICA	Fragilidad Económica	50%	FRAG_ECON		40%	SUP_VIA	Superficie de la Red Vial	Descriptores: Trocha Sin Afirmar Afirmado Asfaltado Descriptores: Muy malo Malo Regular Bueno	
								60%	EST_VIA	Estado de la Red Vial	Descriptores: Vecinal No Registrada Vecinal Departamental Nacional Descriptores: Ninguno Rehabilitación Mantenimiento Periódico Mantenim Rutinario y Mejoram
			Resiliencia Económica	50%	RES_ECON		40%	CLAS_VIA	Clasificación de la Red Vial	Intervención de la Red Vial	

5.2.2.1. Evaluación de la fragilidad y resiliencia de la red vial

a) Fragilidad vial

En el procesamiento de análisis de fragilidad vial se realizó un flujo de proceso de dos (02) variables como: la superficie vial (trocha, sin afirmar, afirmado, y asfaltado), y estado de la red vial (muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno) donde estas variables interactúan mediante la aplicación de un algoritmo de geoprocamiento simple (**Ver tabla 107**) con el fin de generar la fragilidad vial. Cabe mencionar que ambas variables de tanto superficie vial y estado vial poseen cuatro descriptores y previamente cada descriptor se analizó mediante la asignación de ponderaciones por análisis simple.

Tabla 107

Flujo de proceso de datos de superficie de vía y estado de vía para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de proceso de datos de la fragilidad vial		
Submodelo Auxiliar	Fragilidad económica - Superficie y estado de la red vial	
Objetivo	Identificar la fragilidad económica de la red vial	
		Trocha
		Sin Afirmar
	Superficie de la red vial	Afirmado
		Asfaltado
Datos Requeridos		Muy Malo
		Malo
	Estado de la red vial	Regular
		Muy Buena y Buena
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[FRAG_ECO] = [SUP_VIA_1]*0.4 + [EST_VIA_1]*0.6$ [FRAG_ECO] = (Fragilidad Económica)	

b) Resiliencia vial

En el procesamiento de análisis de resiliencia vial se realizó un flujo de proceso de dos (02) variables como: la clasificación de la red vial (vecinal

no registrada, vecinal, departamental, y nacional), e intervención de la red vial (ninguna intervención, con rehabilitación, con mantenimiento periódico, y, mantenimiento rutinario y mejoramiento) donde estas variables interactúan mediante la aplicación de un algoritmo de geoprocamiento simple (**Ver tabla 108**) con el fin de generar la resiliencia vial. Cabe mencionar que ambas variables de tanto superficie vial y estado vial poseen cuatro descriptores y previamente cada descriptor se analizó mediante la asignación de ponderaciones por análisis simple.

Tabla 108

Flujo de Proceso de datos de superficie de vía y estado de vía para la modelización de la vulnerabilidad

Flujo de proceso de datos de la resiliencia vial	
Submodelo Auxiliar	Resiliencia económica - intervención de la red vial y clasificación de la red vial
Objetivo	Identificar la resiliencia económica de la red vial
	Vecinal No Registrada
	Vecinal
	Departamental
	Nacional
	Ninguno
Datos Requeridos	Intervención de la Red Vial
	Rehabilitación
	Mantenimiento Periódico
	Mantenimiento Rutinario y Mejoramiento
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)	$[\text{RESIL_ECO}] = [\text{CLAS_VIA_1}] * 0.4 + [\text{INT_VIA_1}] * 0.6$ $[\text{RESIL_ECO}] = (\text{Resiliencia Económica})$

Flujo de procesos de análisis de vulnerabilidad vial Total en conjunto

Una vez analizados la fragilidad vial y resiliencia vial anteriormente expuestos (**Ver tablas 107 y 108**), se realizó el análisis de la vulnerabilidad vial total mediante un nuevo geoprocamiento de algoritmos simples (**Ver tabla 109**). Con asignación de pesos directos de 50% para ambos componentes de fragilidad y resiliencia de red vial.

Tabla 109

Flujo de Proceso de datos de fragilidad y resiliencia para el análisis y modelización de la vulnerabilidad

Flujo de proceso de datos para el análisis de vulnerabilidad de la red vial				
Componentes de la vulnerabilidad	Vector Priorizado	Indicadores	Código de Representación SIG	Vector de Priorización
Fragilidad Económica	50%	Superficie de la red vial	SUP_VIA_1	40%
		Estado de la red vial	EST_VIA_1	60%
Resiliencia Económica	50%	Clasificación de la Red Vial	CLAS_VIA_1	40%
		Intervención de la Red Vial	INT_VIA_1	60%
Algoritmo de Pesos (Geoproceso)		$[VULNERABIL] = [FRAG_ECO]*0.5 + [RESIL_ECO]*0.5$ $[VULNERABIL] = (\text{Vulnerabilidad vial})$		

Resultados finales de la vulnerabilidad de la red vial.

Se han analizado un total de 2182.55km de red vial de tipo vecinal, no vecinal, departamental, y nacional; y como resultado final del modelo de vulnerabilidad de la red vial en la provincia de Carabaya, seguidamente indicamos que según resultados de vulnerabilidad vial por superficie de rodadura (asfaltado, afirmado, sin afirmar, y trocha) existe 456.81km de vial con un nivel de vulnerabilidad muy alto que representa un 20.93% del total (**Ver tabla 110**), así mismo han resultado un total de 880.49km de vial con vulnerabilidad de nivel alto que representa el 47.34% del total, seguidamente existen 759.07 km con vulnerabilidad de nivel medio que representa el 34.78% del total, seguidamente resultó 86.19km de red vial con vulnerabilidad de nivel bajo que representa el 3.95% de la red vial total, y finalmente no resultó ningún kilómetro de red vial con vulnerabilidad de nivel muy bajo según la modelización. También se realiza este mismo análisis de vulnerabilidades según clase de vía (nacional, departamental, vecinal y no vecinal) naturalmente los porcentajes de kilómetros de vía con vulnerabilidades son las mismas que las antes mencionadas, sin embargo, hay



matices de cantidades de kilómetros de vía por cada descriptor (**Ver tabla 111**), lo mismo que sucede con los descriptores de la variable superficie de vía.

Tabla 110

Clasificación de niveles de vulnerabilidad de red vial según superficie de rodadura de vía

**Superficie de vía	Nivel de vulnerabilidad de la red vial por movimiento en masa														
	Muy Alto			Alto			Medio			Bajo			Muy Bajo		
	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Sub total de Km Vía	Total, de Kilómetros	Porcentaje
*Asfaltado	0	0.00%	0	0.00%	214.69	9.84%	86.19	3.95%	0	0.00%	0	0.00%	300.87	13.79%	
*Afirmado	0	0.00%	24.93	1.14%	309.61	14.19%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	334.54	15.33%	
*Sin afirmar	0	0.00%	69.44	3.18%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	69.44	3.18%	
*Trocha	456.81	20.93%	786.12	36.02%	234.77	10.76%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	1477.7	67.71%	
Total, general	456.81	20.93%	880.49	40.34%	759.07	34.78%	86.19	3.95%	0	0.00%	0	0.00%	2182.55	100.00%	

*Descriptores: asfaltado, afirmado, sin afirmar, y trocha

**Variable: superficie de vía

Tabla 111

Clasificación de niveles de vulnerabilidad de red vial según clase de vía

**Clase de vía	Nivel de vulnerabilidad de la red vial por movimiento en masa														
	Muy Alto			Alto			Medio			Bajo			Muy Bajo		
	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Kilómetros	Porcentaje	Sub total de Km Vía	Total, de Kilómetros	Porcentaje
*Nacional	0	0.00%	0	0.00%	214.69	9.84%	86.19	3.95%	0	0.00%	0	0.00%	300.87	13.79%	
*Departamental	0	0.00%	835.19	38.27%	544.38	24.94%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	1379.57	63.21%	
*Vecinal	0.71	0.03%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.71	0.03%	
*No Registrada	456.1	20.90%	45.3	2.08%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	501.4	22.97%	
Total, general	456.81	20.93%	880.49	40.34%	759.07	34.78%	86.19	3.95%	0	0.00%	0	0.00%	2182.55	100.00%	

*Descriptores: vía nacional, departamental, vecinal y no vecinal

**Variable: clase de vía

Dentro de los cinco niveles de vulnerabilidad de las redes viales en la provincia de Carabaya según la modelización se muestran cuatro niveles (muy alto, alto, medio, y bajo) de manera excepcional no muestra el nivel de vulnerabilidad muy bajo (**Ver tabla 112**) según el análisis de las condiciones de la red vial en esta zona extrema sur del país; así mismo denotamos que las vías con niveles de vulnerabilidad alto es el de mayor extensión lineal en función al total de vías existentes en el área de estudio, seguido de las vías con vulnerabilidad de nivel medio, y finalmente las vial con niveles de vulnerabilidad de nivel muy alto, estos tres niveles de vulnerabilidad de vía son los que más resaltan según datos analizados (**Ver figura 95**).

Tabla 112

Resumen de niveles de vulnerabilidad de la red vial

Cantidad de km de vía con niveles de vulnerabilidad por movimientos en masa		
Niveles de riesgo	Kilómetros de Vía	Porcentaje Km
Muy alto	456.81	20.93%
Alto	880.49	40.34%
Medio	759.07	34.78%
Bajo	86.19	3.95%
Muy bajo	0	0.00%
Total, general	2182.55	100.00%

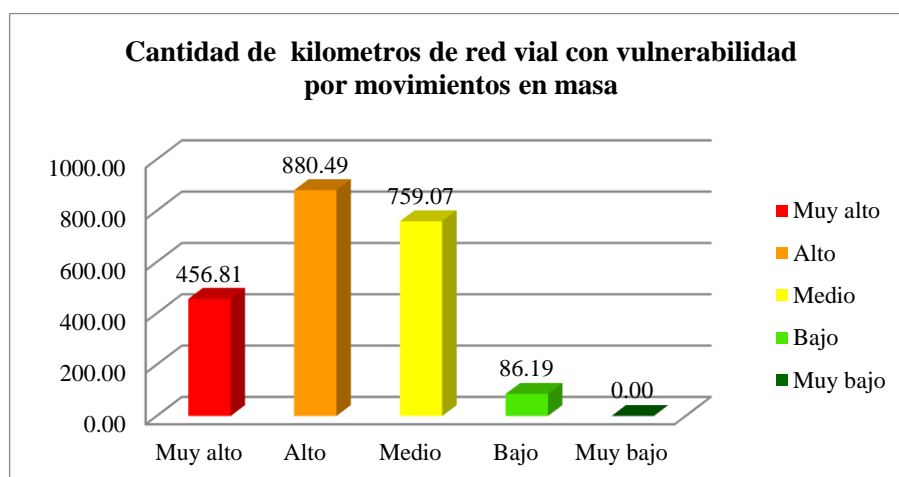


Figura 95. Niveles de vulnerabilidad de vía según cantidad de kilómetros



Modelización cartografía de vulnerabilidad vial

De esta manera las redes viales con sus distintos grados de vulnerabilidad a movimientos en masa se extiende gran parte en la zona altoandina y a lo largo de los ríos Macusani y Ollachea siendo, San Gabán, Macusani, Ajoyani, Corani, Crucero, y Ollachea los distritos con mayor cantidad de vías.

Para visualizar el modelo cartográfico o mapa de vulnerabilidad de la red vial frente al peligro por movimiento en masa (**VER ANEXO 15**)

5.2.3. Análisis de la vulnerabilidad del uso actual de tierras UAT frente al peligro por movimiento en masa

Dentro del proceso de análisis de vulnerabilidad del uso actual de tierras UAT, se ha realizado un análisis de asignación ponderativa de forma directa esto debido a las escasas posibilidades de agrupar factores de fragilidad y resiliencia, de esta manera que se han analizado unidades de usos de tierra como pastizales, pajonales, cultivos, áreas de extracción minera, y entre otros.

Resultados finales de la vulnerabilidad del Uso Actual de Tierras (UAT)

Se han analizado un total de 36 unidades de uso actual de tierra (**Ver tabla 113**); y como resultado final del modelo de vulnerabilidad del UAT en la provincia de Carabaya, indicamos que existe 47153.23 hectáreas de UAT con un nivel de vulnerabilidad muy alto que representa un 3.8% del total (**Ver tabla 115**), así mismo han resultado un total de 1800.79 hectáreas de unidades de uso de tierras con vulnerabilidad de nivel alto que representa el 0.15% del total, seguidamente existen 565963.44 (ha) con vulnerabilidad de nivel medio que representa el 45.67% del total, seguidamente resultó



445863.14(ha) con vulnerabilidad de nivel bajo que representa el 35.98% del total, y finalmente 159170.38(ha) con vulnerabilidad de nivel muy bajo que representa el 12.84% del total según la modelización de vulnerabilidad.

Tabla 113

Clasificación de niveles de vulnerabilidad por movimiento en masa del Uso Actual de Tierras

Uso Actual de Tierra	MUY ALTO		ALTO		MEDIO		BAJO		MUY BAJO		Área urbana		Cuerpos de agua		Subtotal Área (ha)	Subtotal %
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)		
Afloramientos rocosos/ Escaza vegetación							122936.56	9.92%	56						122936.56	9.92%
Áreas arenosas naturales							378.09	0.03%							378.09	0.03%
Áreas de extracción de minería e hidrocarburos			1695.16	0.14%											1695.16	0.14%
Áreas Pantanosas					135.9	0.01%	6258.66	0.50%							6258.66	0.50%
Áreas quemadas															135.9	0.01%
Áreas Urbanas										1202.45	0.10%				1202.45	0.10%
Bofedal					20644.34	1.67%									20644.34	1.67%
Bosque abierto bajo					238695.95	19.26%									238695.95	19.26%
Bosque denso alto					145795.25	11.76%									145795.25	11.76%
Bosque denso bajo					160692.01	12.97%									160692.01	12.97%
Canales, Quebradas o Ríos																
Cultivos permanentes arbustivas	74.02	0.01%													74.02	0.01%
Cultivos permanentes herbáceos	26732.34	2.16%													26732.34	2.16%
Islas o Playas																
Lagos o Lagunas																
Mosaico de cultivos	986.07	0.08%													986.07	0.08%
Nevado																
Pajonal denso (chilligua-crespillo)																
Pajonal denso (ichu-canli)					3011.11	0.24%									3011.11	0.24%
Pajonal denso (ichu-tola)					560.85	0.05%									560.85	0.05%
Pajonal denso (kheña)					2902.91	0.23%									2902.91	0.23%
Pajonal semidenso (chilligua-crespillo)					138145.27	11.15%									138145.27	11.15%
Pajonal semidenso (chilligua-ichu)					1220.58	0.10%									1220.58	0.10%
					2949.21	0.24%									2949.21	0.24%



Uso Actual de Tierra	MUY ALTO		ALTO		MEDIO		BAJO		MUY BAJO		Área urbana		Cuerpos de agua		Subtotal Área (ha)	Subtotal %
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)		
Pajonal semidenso (ichu)							8147.06	0.66%							8147.06	0.66%
Pajonal semidenso (ichu-canlli)							13270.91	1.07%							13270.91	1.07%
Pajonal semidenso (ichu-crespillo)							26921.58	2.17%							26921.58	2.17%
Pastizal abierto (crespillo)									18461.79	1.49%					18461.79	1.49%
Pastizal abierto (crespillo-chilligua)							15585.86	1.26%							15585.86	1.26%
Pastizal denso							1422.13	0.11%							1422.13	0.11%
Pastizal denso (crespillo)							78264.84	6.31%							78264.84	6.31%
Pastizal denso (crespillo-chilligua)							22041.1	1.78%							22041.1	1.78%
Pastizal denso (crespillo-ichu)							8873.44	0.72%							8873.44	0.72%
Pastizal semidenso (crespillo)							67967.44	5.48%							67967.44	5.48%
Pastizal semidenso (crespillo-canlli)							1621.49	0.13%							1621.49	0.13%
Pastizal semidenso (crespillo-chilligua)							19792.17	1.60%							19792.17	1.60%
Pastizal semidenso (crespillo-ichu)							27296.83	2.20%							27296.83	2.20%
Plantación forestal			105.64	0.01%											105.64	0.01%
Tubérculos	19360.81	1.56%													19360.81	1.56%
Vegetación arbustiva mixta									9748.33	0.79%					9748.33	0.79%
Vegetación herbácea abierta de muña															5868.37	0.47%
Total, general	47153.23	3.80%	1800.79	0.15%	565963.44	45.67%	445863.14	35.98%	159170.38	12.84%	1202.45	0.10%	18211.92	1.47%	1239365.35	100.00%

Dentro de los cinco niveles de vulnerabilidad del uso actual de tierras en la provincia de Carabaya según la modelización se muestran de manera excepcional una barra fuertemente pronunciada con nivel de vulnerabilidad medio (**Ver figura 96**) con una extensión de 45.67% del total de según el análisis de las condiciones de uso actual de tierras en esta zona extrema sur del país; así mismo denotamos dos importantes niveles de vulnerabilidad del UAT como niveles de vulnerabilidad “alto” que muestra una menor extensión en función al total de áreas, y el nivel de vulnerabilidad “muy alto” también muestra relativamente pequeñas extensiones de área en el zona de estudio, es así que efectivamente gran parte de las zonas de estudio son áreas inhóspitas de difícil acceso y escaso desarrollo de actividades económicas dadas las condiciones geográficas agrestes mismo que refleja grandes extensiones con niveles de vulnerabilidad “medio”, “bajo” y “muy bajo” (**Ver tabla 114**).

Tabla 114
Resumen de niveles de vulnerabilidad del UAT

Cantidad de área (ha) de UAT con niveles de riesgo por movimiento en masa		
Niveles de riesgo	Área (ha)	Porcentaje % (ha)
Muy Alto	47153.23	3.80%
Alto	1800.79	0.15%
Medio	565963.44	45.67%
Bajo	445863.14	35.98%
Muy Bajo	159170.38	12.84%
Área Urbana	1202.45	0.10%
Cuerpos de agua	18211.92	1.47%
Total, general	1239365.35	100.00%

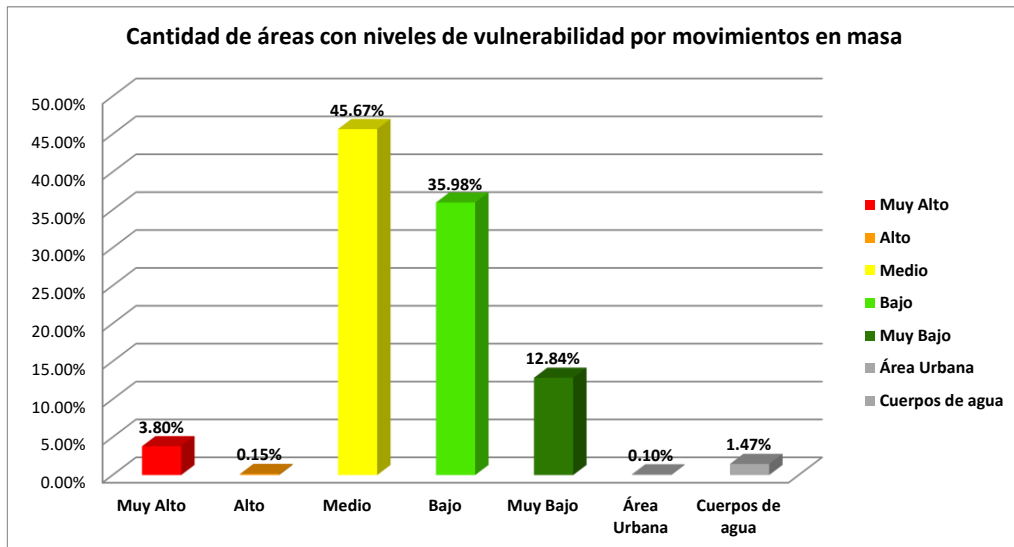


Figura 96. Niveles de vulnerabilidad de UAT según cantidad de hectáreas

Tabla 115

Resumen de niveles de vulnerabilidad del UAT

Niveles de Vulnerabilidad	
Vulnerabilidad Muy Alto	1 Cultivos permanentes arbustivas
	2 Cultivos permanentes herbáceos
	3 Mosaico de cultivos
	4 Tubérculos
Vulnerabilidad Alto	5 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
	6 Plantación forestal
Vulnerabilidad Medio	7 Áreas quemadas
	8 Bofedal
	9 Bosque abierto bajo
	10 Bosque denso alto
	11 Bosque denso bajo
	12 Pajonal denso (chilligua-crespillo)
Vulnerabilidad Bajo	13 Pajonal denso (ichu-canlli)
	14 Pajonal denso (ichu-tola)
	15 Pajonal denso (kheña)
	16 Pajonal semidenso (chilligua-crespillo)
	17 Pajonal semidenso (chilligua-ichu)
	18 Pajonal semidenso (ichu)
	19 Pajonal semidenso (ichu-canlli)
	20 Pajonal semidenso (ichu-crespillo)
	21 Pastizal abierto (crespillo-chilligua)
	22 Pastizal denso
	23 Pastizal denso (crespillo)
	24 Pastizal denso (crespillo-chillihua)
	25 Pastizal denso (crespillo-ichu)
	26 Pastizal semidenso (crespillo)



Niveles de Vulnerabilidad		
	27	Pastizal semidenso (crespillo-canlli)
	28	Pastizal semidenso (crespillo-chilligua)
	29	Pastizal semidenso (crespillo-ichu)
	30	Vegetación herbácea abierta de muña
Vulnerabilidad Muy Bajo	31	Afloramientos rocosos/ Escaza vegetación
	32	Áreas arenosas naturales
	33	Áreas Pantanosas
	34	Islas o Playas
	35	Pastizal abierto (crespillo)
	36	Vegetación arbustiva mixta
	Cuerpos de agua	A
B		Lagos o Lagunas
C		Nevado
Área Urbana	D	Áreas Urbanas

Modelización cartografía de vulnerabilidad del UAT

De esta manera las redes viales con sus distintos grados de vulnerabilidad a movimientos en masa se extiende gran parte en la zona altoandina y a lo largo de los ríos Macusani y Ollachea, siendo, San Gabán, Macusani, Ajoyani, Corani, Crucero, y Ollachea los distritos con mayor cantidad de vías.

Para visualizar el modelo cartográfico o mapa de vulnerabilidad del Uso Actual de Tierras – UAT frente al peligro por movimiento en masa dirigirse a **(VER ANEXO 16)**



5.3. ESTIMACIÓN DEL ESCENARIO DEL RIESGO DE DESASTRE

Comprendiendo que el escenario de riesgo de desastres es la interacción del peligro y la vulnerabilidad, para nuestra área de intervención como es la provincia de Carabaya el escenario se enmarca al fenómeno de movimiento en masa en periodos lluviosos de enero febrero y marzo de cada año; este escenario de riesgo de desastre se construyó con la finalidad de identificar zonas de potencial riesgo, con probabilidades cualitativas a la ocurrencia de fenómenos naturales de movimiento en masa con mayor o menor predisposición de un espacio geográfico, mismo que representa una amenaza al entorno socioeconómico, y como resultado final se plantea tres (03) escenarios como: riesgo por movimiento en masa del medio social, de la red vial, y el uso actual de tierras.

Para la modelización cartográfica de los escenarios de riesgo de desastre por fenómeno de movimiento en masa se ha planteado un esquema (**Ver figura 97**), como proceso final de la evaluación del escenario del riesgo, donde intervienen la interacción de las modelizaciones del peligro y la vulnerabilidad, estos dos modelos cartográficos interactúan mediante un razonamiento de álgebra de mapas generando un único modelo cartográfico denominado mapa de escenario de riesgo de desastre.

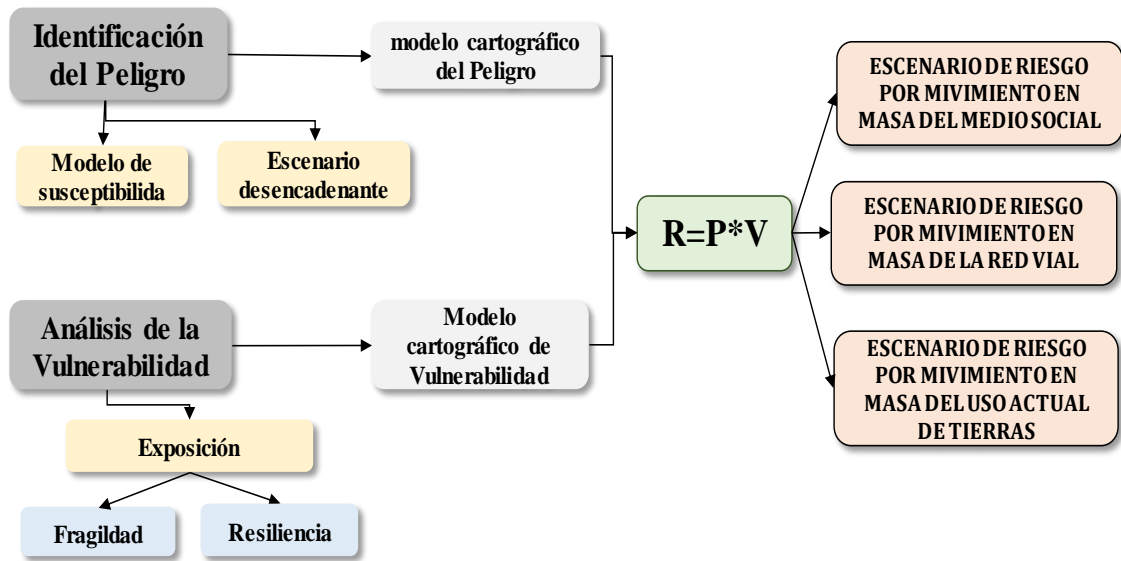


Figura 97. Esquema conceptual del escenario del riesgo desastre por movimientos en masa

Análisis de la estratificación y matrices del riesgo de desastre

Para la toma de decisiones de forma estructurada y en forma priorizada se plantea una tabla de estratificación de niveles del riesgo conformada en cinco (05) rangos (Ver tabla 116).

Tabla 116

Niveles de Estratificación del Riesgo por Movimiento en Masa

Nivel	Descripción	Rango
Riesgo Muy Alto	Este nivel de Riesgo es inadmisibles, se caracteriza generalmente cuando el proceso del fenómeno es muy altamente indetenible, con una geología de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas), con pendientes mayores a 50%, y geoformas de laderas montañosas escarpadas, y de escasa cobertura vegetal, con precipitaciones pluviales entre 2464.7mm - 3244.0mm de acumulación trimestral. Así mismo todas las condiciones anteriores en confluencia con características de población en extrema pobreza, sin educación ni seguro de salud, con discapacidades y grupos etarios de 0 a 1 años y de 65 años a más; sin conexión a SSHH, consumo agua de río u otro similar, vivienda en invasión, con piso precario y pared de estera o madera. Vías sin mantenimiento, de clase vecinal no registrado, en estado muy malo, de superficie trocha. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de cultivos permanentes y actividades extractivas.	7.3 ≤ R ≤ 9.0
Riesgo Alto	Este nivel de Riesgo es inaceptable, se caracteriza generalmente cuando el proceso del fenómeno es muy ligeramente controlable a indetenible, con una geología de rocas altamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas), generalmente las rocas deleznable de las formaciones Ene, Vivian, Yahuarango, Cayconi, y depósitos cuaternarios; con pendientes fuertemente inclinado a empinado entre 25% a 50%, y geoformas de colinas altas, bajas empinadas y laderas montañosas empinadas; y de cobertura vegetal de bosques de montaña montano, basimontano y Altimontano; con precipitaciones pluviales entre 1864.7mm - 2464.7mm de acumulación trimestral. Así mismo todas las condiciones anteriores en confluencia con características de población pobre, con alcance de educación primaria o secundaria, muy pocos con seguro de salud SIS, con discapacidades y grupos etarios de 2 a 14 años; sin conexión a SSHH cercano a riachuelo, con consumo agua de pozo, vivienda en alquilada, con piso de tierra y pared de piedra con barro. Vías con alguna rehabilitación, de clase vecinal, en estado malo, de superficie sin afirmar. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica extractiva. Por otra parte, el uso actual de tierra con actividad antrópica de extracción.	5.3 ≤ R < 7.3
Riesgo Medio	Este nivel de Riesgo es tolerable, se caracteriza generalmente cuando el proceso del fenómeno es mitigable mediante medidas estructurales y no estructurales, con una geología de rocas medianamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas, fracturadas y con depósitos superficiales regularmente consolidados y zonas con erosión media (cárcavas), generalmente las rocas de resistencia media de tipo pizarrosas y metareniscas de las formaciones Sandía y Ananea, conglomerados y breccas San Gabán, y las tobas Subvolcánicos de las formaciones Picotani y Quenamari; con pendientes mayores a entre 8% a 25%, y geoformas de colinas altas, bajas empinadas y laderas montañosas empinadas; y de cobertura vegetal de bosques de montaña y colinas con matorrales y césped de puna; con precipitaciones pluviales entre 1064.7mm - 1864.7mm de acumulación trimestral. Así mismo todas las condiciones anteriores en confluencia con características de población con bajos niveles de pobreza, con alcance de educación secundaria, muy pocos con seguro de salud ESSALUD, con discapacidades para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar) y grupos etarios de 45 a 64 años; con conexión a SSHH de red pública de desagüe fuera de la Vivienda; con red Pública Fuera de la vivienda (Agua potable); con vivienda cedida por el centro de trabajo / otro hogar / institución / Otra forma; con piso de madera y pared de adobe. Vías con rehabilitación de mantenimiento periódico, de clase departamental, en estado regular, de superficie afirmado. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de pastoreo de ganado.	3.2 ≤ R < 5.3

Nivel	Descripción	Rango
Riesgo Bajo	<p>Este nivel de Riesgo Aceptable, se caracteriza generalmente cuando el proceso del fenómeno es mitigable mediante medidas no estructurales. Se presenta una geología de rocas medianamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas, ligeramente fracturadas y con Cuarzo-arenitas, con algunas intercalaciones de areniscas y limoarcillitas grises de la Formación Huancané, y Generalmente rocas volcánicas con intercalaciones de areniscas y conglomerados del Grupo Mitu indiferenciado; Así mismo tiene pendientes moderadamente inclinado entre 4% a 8%, y geoformas de planicie aluvial inclinada y fondos de valles cuaternarios llanos; y de cobertura vegetal de bosques de fondo de valles y valle basimontano; con precipitaciones pluviales entre 264.7mm - 1064.7mm de acumulación trimestral.</p> <p>Así mismo todas las condiciones anteriores en confluencia con población con bajos niveles de pobreza a clase media, con alcance de educación superior No Universitaria incompleta / completa, con seguro de salud ESSALUD y/o algún otro tipo, con alguna discapacidades para oír, aun usando audífonos para sordera / Para hablar (entonar / vocalizar) o ninguna; y grupos etarios de 15 a 29 años; con conexión a SSHH de red pública de desagüe fuera de la Vivienda y alguna dentro de vivienda; con (Agua potable) de red pública fuera de la vivienda y alguna dentro de vivienda; con vivienda propia pagándola a plazos; con piso de cemento y pared de ladrillo. Las Vías de comunicación con rehabilitación de mantenimiento rutinario, de clase departamental a nacional, en estado regular a bueno, de superficie afirmado a asfaltado. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de poca intervención con zonas de pajonales y pastizales.</p>	$2.0 \leq R < 2.3$
Riesgo muy Bajo	<p>Este nivel de Riesgo es admisible, se caracteriza generalmente cuando el proceso del fenómeno no requiere de mitigación ni medidas estructurales y es suficiente con medidas no estructurales; con una geología de rocas muy bajo en meteorización y/o alteración; muy baja saturación, muy bajo fracturamiento, generalmente las rocas son de resistencia alta de tipo ígneo plutónico a volcánico, entre ellas los plutónicos de Ollachea, Coasa, Ayapata, San Gabán; también los sub-volcánicos anta, Cayu-orjo, Jatuncarcuyo, La Huaña, Lloquesa, y los Volcánicos Mitu, también están los metamórficos del Complejo Iscaybamba (gneis) y Araza (esquistos); Con pendientes plano a ligeramente inclinado a entre 0% a 4%; Y una geomorfología de laderas montañosas ligeramente empinadas y altiplanicies; y de cobertura vegetal de Bosque de Planicie y terrazas, y plantación forestal; con precipitaciones pluviales entre 264.7mm - 1064.7mm de acumulación trimestral.</p> <p>Así mismo todas las condiciones físicas anteriores en confluencia con características de población de clase media a más, con alcance de educación Superior Universitaria incompleta / completa, con seguro de salud ESSALUD y Privado, con ninguna discapacidades; y grupos etarios de 30 a 44 años; con conexión a desagüe (SSHH) dentro de la Vivienda y red pública fuera de la Vivienda; con red Pública de agua dentro y fuera de la vivienda (Agua potable); con vivienda propia, totalmente pagada; con piso de cemento con acabados y pared de cementos con acabado. Las Vías de comunicación con rehabilitación de mantenimiento rutinario y mejoramiento, de clase de vía nacional, en estado de vía bueno, de superficie de vía asfaltado. Por otra parte, con usos de tierra en actividad antrópica de poca intervención con zonas de Afloramientos rocosos, playas, pantanos y vegetación arbustiva mixta.</p>	$1.0 \leq R < 2.0$

Nota. La estratificación del riesgo se elaboró con base a metodologías de ZEE y CENEPRED.

Dentro del proceso constructivo del escenario del riesgo de desastre se ha elaborado una matriz de cálculo del riesgo (**Ver tabla 117**) donde los rangos abarcan del 1 al 9, e interactúan los cinco niveles de riesgo con los cinco niveles de vulnerabilidad mediante el factor multiplicador para cada rango.

Tabla 117
Matriz de cálculo de valores del riesgo

Matriz del cálculo del Riesgo						
PMA	3.0	4.2	5.4	6.9	8.1	9.0
PA	2.7	3.8	4.9	6.2	7.3	8.1
PM	2.3	3.2	4.1	5.3	6.2	6.9
PB	1.8	2.5	3.2	4.1	4.9	5.4
PMB	1.4	2.0	2.5	3.2	3.8	4.2
PEL / VUL		1.4	1.8	2.3	2.7	3.0
		VMB	VB	VM	VA	VMA

Nota. PMA=pelegru muy alto, PA=pelegru alto, PM=pelegru medio, PB=pelegru bajo, PMB=pelegru muy bajo, VMA=vulnerabilidad muy alto, VA= vulnerabilidad alto, VM= vulnerabilidad medio, VB= vulnerabilidad bajo, VMB= vulnerabilidad muy bajo. Elaborado con base a ZEE y CENEPRED

Para la mejor comprensión de los niveles del riesgo de desastre se ha elaborado una matriz de consecuencias y daños (**Ver tabla 118**) distribuida en rangos de cinco (05) niveles con la nomenclatura de muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo; cabe mencionar que esta matriz está concatenada con la matriz del cálculo del riesgo y matriz de aceptabilidad y tolerancia.

Tabla 118
Matriz de niveles de consecuencias y daños del riesgo de desastre

Matriz de niveles de consecuencia y daños						
Muy Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	2.7	Media	Media	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Media	2.3	Media	Media	Alta	Alta	Alta
Baja	1.8	Baja	Media	Media	Media	Alta
Muy Baja	1.4	Muy Baja	Media	Media	Media	Media
Nivel de Frecuencia		1.4	1.8	2.3	2.7	3.0
		Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Nota. Elaborado con base a ZEE y CENEPRED

Seguidamente las matrices anteriores (**ver tabla 117 y 118**) dan paso a la matriz de niveles de aceptabilidad de y/o tolerancia (**ver tabla 119**) del riesgo de desastre estratificado en cinco rangos como riesgo admisible, riesgo aceptable,

riesgo tolerable, riesgo inaceptable, y riesgo inadmisible; dando a entender las decisiones críticas que se deben de tomar en el área de estudio según el nivel de riesgo que se presente.

Tabla 119

Matriz de niveles de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo de desastre

Matriz de niveles de aceptabilidad y/o Tolerancia				
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Admisible	Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable

Nota. Elaborado con base a ZEE y CENEPRED

5.3.1. Estimación del escenario del riesgo por movimiento en masa de los centros poblados

Se han analizado un total de 1209 centros poblados que incluyen las capitales tanto de distritos como de provincia y como resultado final de la evaluación del escenario de riesgo de desastre por movimiento en la provincia de Carabaya indicamos que, no se estimaron centros poblado con niveles de riesgo muy alto, sin embargo han resultado un total de 432 centros poblados (**Ver figura 98**) con riesgo por movimientos en masa de nivel alto que representa el 36% (**Ver tabla 120**) del total, seguidamente existen 730 centros poblados con riesgo de nivel medio que representa el 60% del total, seguidamente existen 47 centros poblados con riesgo de nivel bajo que

representa el 4% de la población total, finalmente no resultaron centro poblado con riesgo de nivel muy bajo. De esta manera los resultados muestran que las poblaciones con riesgo de nivel alto y medio son los mayores indicadores porcentuales y dentro de ello entendemos que existe grandes cantidades de centros poblados con riesgo alto; debemos tomar en cuenta que las poblaciones son altamente dinámicas y cambiantes, y estas poblaciones estimadas con niveles de riesgo alto podrían fácilmente pasar a niveles de riesgo adyacentes como riesgo muy alto o riesgo medio, y lo mismo para cada nivel.

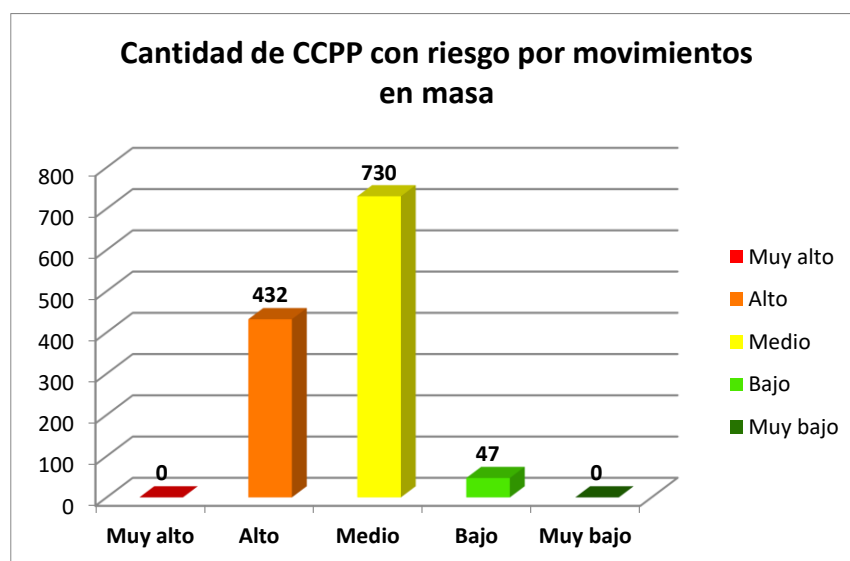


Figura 98. Concentración de centros poblados con diferentes niveles de riesgo

Las cantidades totales de centros poblados clasificadas según su nivel de riesgo como muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo se adjuntan al anexo.

(VER ANEXO A)

Tabla 120

Concentraciones porcentuales de ccpp con diferentes niveles de riesgo por Movimiento en masa - Carabaya

Cantidad de CCPP con niveles de Riesgo		
Nivel de Riesgo	cantidad de CCPP	Porcentaje (%)
Muy alto	0	0%
Alto	432	36%
Medio	730	60%
Bajo	47	4%
Muy bajo	0	0%
Total	1209	100%

Modelización cartográfica del escenario de riesgo por movimiento en masa del medio social

De esta manera los centros poblados con sus distintos grados de riesgo a movimientos en masa se extiende gran parte en la zona altoandina y a lo largo de la carretera interoceánica siendo, San Gabán, Ollachea, Usicayos, Ayapata, Ituata los distritos con mayor cantidad de centro poblados con riesgo de desastres por movimientos en masa. Para visualizar el modelo cartográfico o mapa de escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa del medio social **VER ANEXO 17**

5.3.2. Estimación del escenario del riesgo por movimiento en masa de la red vial

En la evaluación del escenario de riesgo de desastre para las vías de comunicación o red vial se ha realizado la estimación del riesgo mediante calificación cualitativa estratificado en niveles de riesgo muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo con el fin de identificar caminos y/o accesos terrestres de red vial con mayor o menor riesgo en un espacio geográfico



ocasionado por los peligros identificados de movimientos en masa en el área de estudio.

Resultados finales de la vulnerabilidad de la red vial

Se ha evaluado un total de 2182.5km de las redes de comunicación vial; y como resultado final del modelo de escenario de riesgo de desastre de la red vial en la provincia de Carabaya, según clasificación vial por superficie de rodadura (asfaltado, afirmado, sin afirmar, y trocha) existe 101.13km de vial con un nivel de riesgo muy alto que representa un 4.63% del total (**Ver tabla 121**), así mismo han resultado un total de 991.43km de vial con riesgo de nivel alto que representa el 45.43% del total, seguidamente existen 373.75 km con riesgo de nivel medio que representa el 44.62% del total, seguidamente resultó 116.20km de red vial con riesgo de nivel bajo que representa el 5.32% de la red vial total, y finalmente no resultó ningún kilómetro de red vial con riesgo de nivel muy bajo según la modelización. De la misma manera se realiza este mismo análisis de vulnerabilidades según clase de vía (nacional, departamental, vecinal y no vecinal) naturalmente los porcentajes de kilómetros de vía con riesgo son las mismas que las antes mencionadas, sin embargo, hay matices de cantidades de kilómetros de vía por cada descriptor (**Ver tabla 122**).

Tabla 121

Clasificación de niveles de riesgo de red vial según superficie de rodadura de vía

	Nivel de riesgo por movimiento en masa de la red vial - superficie de rodadura						Sub total de Km Vía	Total, de Kilómetros	os %	
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo					
**Superficie de vía	Kilómetros	Porcentaje Km	Kilómetros	Porcentaje Km	Kilómetros	Porcentaje Km	Kilómetros	Porcentaje Km		
*Asfaltado	24.38	1.12%	189.63	8.69%	86.97	3.98%	0.00	0.00%	300.98	13.79%
*Afirmado	55.35	2.54%	262.38	12.02%	16.81	0.77%	0.00	0.00%	334.54	15.33%
*Sin afirmar	21.86	1.00%	43.93	2.01%	3.64	0.17%	0.00	0.00%	69.44	3.18%
*Trocha	101.13	4.63%	889.84	40.77%	477.81	21.89%	8.78	0.40%	1477.56	67.70%
Total, general	101.13	4.63%	991.43	45.43%	973.75	44.62%	116.20	5.32%	2182.52	100.00%

*Descriptor: asfaltado, afirmado, sin afirmar, y trocha

**Variable: superficie de vía

Tabla 122

Clasificación de niveles de vulnerabilidad de red vial según superficie de rodadura de vía

	Nivel de riesgo por movimiento en masa de la red vial - clase de vía						Sub total de Km Vía	Total, de Kilómetros	os %	
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo					
Clase de vía	Kilómetros	Porcentaje Km	Kilómetros	Porcentaje Km	Kilómetros	Porcentaje Km	Kilómetros	Porcentaje Km		
Nacional	24.38	1.12%	189.63	8.69%	86.97	3.98%	0.00	0.00%	300.98	13.79%
Departamental	15.52	0.71%	648.63	29.72%	686.03	31.43%	29.24	1.34%	1379.42	63.20%
Vecinal	0.71	0.03%	0.71	0.03%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.71	0.03%
No Registrada	85.61	3.92%	317.71	14.56%	98.09	4.49%	0.00	0.00%	501.41	22.97%
Total, general	101.13	3.92%	991.43	45.43%	973.75	44.62%	116.20	5.32%	2182.52	100.00%

*Descriptor: asfaltado, afirmado, sin afirmar, y trocha

**Variable: superficie de vía

Dentro de los cinco niveles de riesgo de las redes viales en la provincia de Carabaya según la modelización se muestran cuatro niveles (muy alto, alto, medio, y bajo) de riesgo, y no muestra o no resultaron cantidad de kilómetros de vía con nivel de riesgo muy bajo (**Ver tabla 123**) según las estimaciones, las condiciones de la red vial en esta zona extrema sur del país; así mismo denotamos que las vías con niveles de riesgo alto es el de mayor extensión de kilómetros lineales en función al total de vías existentes en el área de estudio, seguido de las vías con riesgo de nivel medio, y finalmente las vías con riesgo de nivel muy alto y riesgo bajo son las de menores extensiones lineales (**Ver figura 99**).

Tabla 123

Resumen de niveles de vulnerabilidad de la red vial

Cantidad de km de vía con niveles de riesgo por movimiento en masa		
Niveles de riesgo	Kilómetros de Vía	Porcentaje Km
Muy alto	101.13	4.63%
Alto	991.43	45.43%
Medio	973.75	44.62%
Bajo	116.20	5.32%
Muy bajo	0.00	0.00%
Total, general	2182.52	100.00%

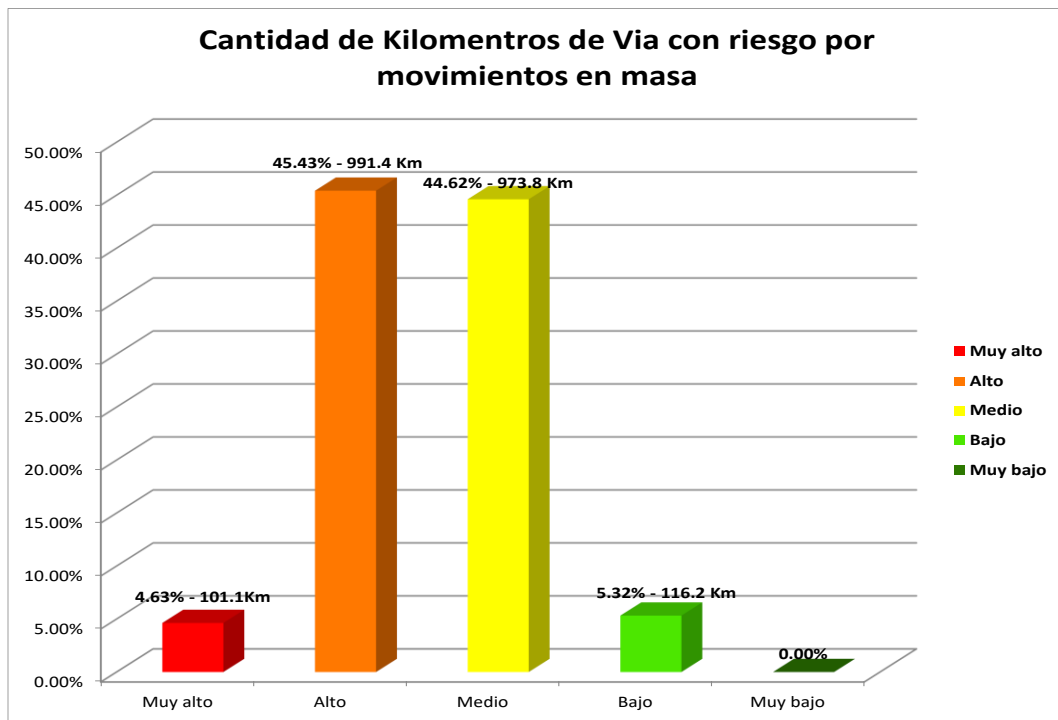


Figura 99. Niveles de riesgo de vía según cantidad de kilómetros

De esta manera las redes viales con sus distintos grados de riesgo a movimientos en masa se extiende gran parte en la zona altoandina y a lo largo de los ríos Macusani y Ollachea siendo, San Gabán, Macusani, Ajoyani, Corani, Crucero, y Ollachea los distritos con mayor cantidad de vías con riesgo de desastres por movimientos en masa.

Para visualizar el modelo cartográfico o mapa de escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa de la red vial (**VER ANEXO 18**)

5.3.3. Estimación del escenario del riesgo por movimiento en masa del uso actual de tierras UAT

Dentro del proceso de análisis de riesgo del uso actual de tierras UAT, se aplicó la fórmula del riesgo con la ayuda de un software GIS, de esta manera se han estimado los niveles de riesgo de forma cualitativa de las unidades de usos de tierra como pastizales, pajonales, cultivos, áreas de extracción minera, y entre otros.



Resultados finales de la vulnerabilidad del UAT

Se han analizado un total de 71 unidades de uso actual de tierra (**Ver tabla 126**); y como resultado final del modelo de riesgo del UAT en la provincia de Carabaya, indicamos que existe 17041.45 hectáreas de UAT con un nivel de riesgo muy alto que representa un 1.4% del total (**Ver tabla 124**), así mismo han resultado un total de 556192.76 hectáreas de unidades de uso de tierras con riesgo de nivel alto que representa el 20.7% del total, seguidamente existen 735698.60 (ha) con riesgo de nivel medio que representa el 59.4% del total, seguidamente resultó 202337.81(ha) con riesgo de nivel bajo que representa el 16.3% del total, y finalmente 6880.38(ha) con vulnerabilidad de nivel muy bajo que representa el 0.7% del total según la modelización de riesgo de desastre por movimientos en masa.

Tabla 124

Clasificación de niveles de riesgo por movimiento en masa del Uso Actual de Tierras

Uso Actual de Tierra	Cantidad de áreas del uso actual de la tierra (UAT) con niveles de riesgo por movimiento en masa												Subtotal Área (ha)	Subtot al %		
	MUY ALTO		ALTO		MEDIO		BAJO		MUY BAJO		área urbana				Porcen taje (%)	
	Área (ha)	Porcenta je (%)	Área (ha)	Porcenta je (%)	Área (ha)	Porcenta je (%)	Área (ha)	Porcenta je (%)	Área (ha)	Porcenta je (%)	Área (ha)	Porcenta je (%)	Área (ha)	Porcenta je (%)		
Afloramientos rocosos/ Escaza vegetación			35253.0	2.8%	86752.4	7.0%	931.2	0.1%							122936.6	9.9%
Áreas arenosas naturales					47.7	0.004%	330.4	0.0%							378.1	0.0%
Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	10.1	0.001%	151.4	0.01%	1533.7	0.1%			6258.7	0.5%					1695.2	0.1%
Áreas Pantanosas															6258.7	0.5%
Áreas quemadas			89.4	0.01%	46.5	0.004%									135.9	0.0%
Áreas Urbanas									1202.5	0.1%					1202.5	0.1%
Bofedal			15017.1	1.2%	5627.3	0.5%									20644.3	1.7%
Bosque abierto bajo			166903.6	13.5%	71792.3	5.8%									238695.9	19.3%
Bosque denso alto			18340.1	1.5%	127455.2	10.3%									145795.3	11.8%
Bosque denso bajo			43953.5	3.5%	25323.0	2.0%									160692.0	13.0%
Canales, Quebradas o Ríos													4199.2	0.3%	4199.2	0.3%
Cultivos permanentes arbustivas			74.0	0.01%											74.0	0.0%
Cultivos permanentes herbáceos	8338.6	0.7%	14933.2	1.2%	3460.5	0.3%									26732.3	2.2%
Islas o Playas									1378.6	0.1%	8.3	0.001%			1387.0	0.1%
Lagos o Lagunas													8987.1	0.7%	8987.1	0.7%
Mosaico de cultivos	215.9	0.02%	770.1	0.1%											986.1	0.1%
Nevado															5025.6	0.4%
Pajonal denso (chilligua-crespillo)			803.1	0.1%	2208.0	0.2%									3011.1	0.2%
Pajonal denso (ichu-canlli)			47.3	0.0%	513.5	0.0%									560.9	0.1%
Pajonal denso (ichu-tola)			2902.9	0.2%											2902.9	0.2%
Pajonal denso (kheña)			137684.1	11.1%	461.2	0.0%									138145.3	11.2%



Pajonal semidenso (chilligua-crespillo)	46.2	0.004%	1174.4	0.1%	1220.6	0.1%
Pajonal semidenso (chilligua-ichu)			2949.2	0.2%	2949.2	0.2%
Pajonal semidenso (ichu)	7621.0	0.6%	526.1	0.0%	8147.1	0.7%
Pajonal semidenso (ichu-canli)	4599.0	0.4%	8671.9	0.7%	13270.9	1.1%
Pajonal semidenso (ichu-crespillo)	26412. 6	2.1%	509.0	0.04%	26921.6	2.2%
Pastizal abierto (crespillo)			17310. 0	1.4%	18461.8	1.5%
Pastizal abierto (crespillo-chilligua)	12006. 5	1.0%	3579.3	0.3%	15585.9	1.3%
Pastizal denso	1422.1	0.1%			1422.1	0.1%
Pastizal denso (crespillo)	70700. 3	5.7%	7564.5	0.6%	78264.9	6.3%
Pastizal denso (crespillo-chilligua)	17943. 2	1.4%	4097.9	0.3%	22041.1	1.8%
Pastizal denso (crespillo-ichu)	8007.2	0.6%	866.2	0.1%	8873.4	0.7%
Pastizal semidenso (crespillo)	51066. 3	4.1%	16901. 2	1.4%	67967.4	5.5%
Pastizal semidenso (crespillo-canli)	35.0	0.0%	1586.5	0.1%	1621.5	0.1%
Pastizal semidenso (crespillo-chilligua)	12059. 5	1.0%	7732.7	0.6%	19792.2	1.6%
Pastizal semidenso (crespillo-ichu)	24024. 4	1.9%	3272.4	0.3%	27296.8	2.2%
Plantación forestal			105.6	0.01%	105.6	0.0%
Tubérculos	8476.8	0.7%	10871. 7	0.9%	19360.8	1.6%
Vegetación arbustiva mixta			6749.4	0.5%	9748.3	0.8%
Vegetación herbácea abierta de muña			5582.5	0.5%	5868.4	0.5%
Total, general	17041. 5	1.4%	256192. .8	20.7%	1202. 5	0.1%
			202337. .8	16.3%	18211. 9	1.5%
			8680. 4	0.7%	1239365.4	100.0
						%

Dentro de los cinco niveles del riesgo de desastre del uso actual de tierras en la provincia de Carabaya según la modelización se muestran de manera excepcional una barra fuertemente pronunciada con nivel de riesgo medio (**Ver figura 100**) con una extensión de 59.36% del total de según el análisis de las condiciones de uso actual de tierras en esta zona extrema sur del país; así mismo denotamos menores extensiones de riesgo nivel “alto” y “bajo” del UAT, y el nivel de riesgo “muy alto” también muestra extensiones mucho más pequeñas que las anteriormente mencionadas, cabe mencionar que gran parte de las zonas de estudio son áreas inhóspitas de difícil acceso y escaso desarrollo de actividades económicas dadas las condiciones geográficas agrestes mismo que refleja grandes extensiones con niveles de riesgo “medio” y “bajo” (**Ver tabla 125**).

Tabla 125
Resumen de niveles de riesgo del UAT

Cantidad de área (ha) de UAT con niveles de riesgo por movimiento en masa		
Niveles de riesgo	Área (ha)	Porcentaje % (ha)
Muy alto	17041.45	1.38%
Alto	256192.76	20.67%
Medio	735698.60	59.36%
Bajo	202337.81	16.33%
Muy bajo	8680.38	0.70%
Área urbana	1202.45	0.10%
Cuerpo de agua	18211.92	1.47%
Total, general	1239365.36	100.00%

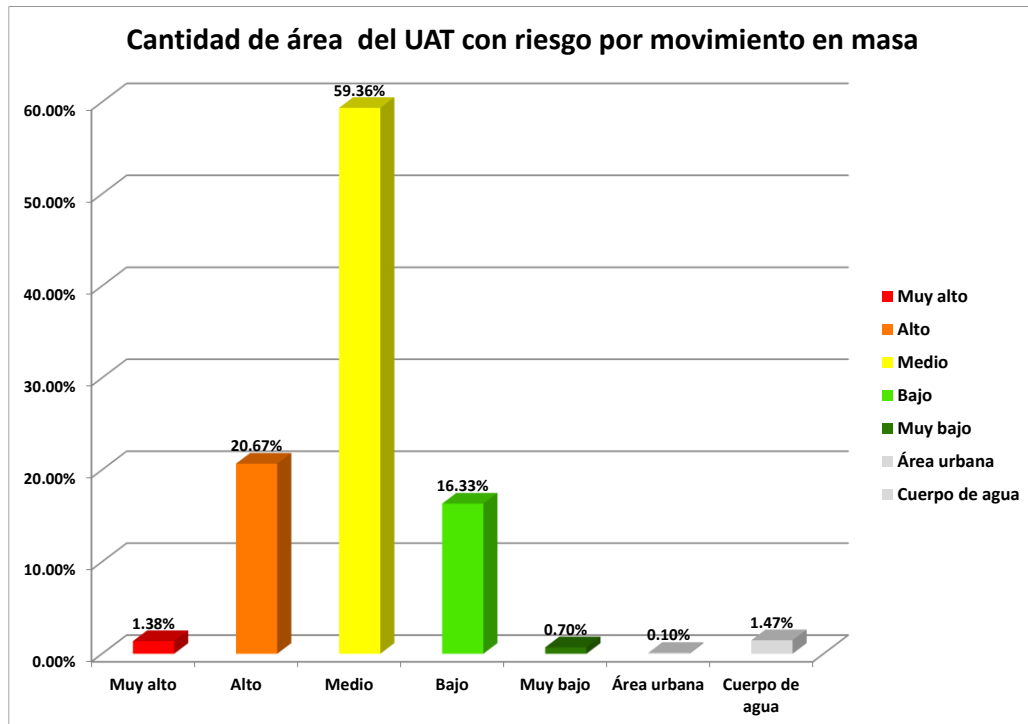


Figura 100. Niveles de riesgo de vía según extensión en hectáreas

Tabla 126

Lista de unidades de uso actual de tierras con riesgo

Niveles de Riesgo del Uso Actual de Tierra		
Riesgo Muy Alto	1	Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
	2	Cultivos permanentes herbáceos
	3	Mosaico de cultivos
	4	Tubérculos
Riesgo Alto	5	Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
	6	Áreas quemadas
	7	Bosque abierto bajo
	8	Bosque denso alto
	9	Bosque denso bajo
	10	Cultivos permanentes arbustivas
	11	Cultivos permanentes herbáceos
	12	Mosaico de cultivos
	13	Plantación forestal
	14	Tubérculos
Riesgo Medio	15	Afloramientos rocosos/ Escaza vegetación
	16	Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
	17	Áreas quemadas
	18	Bofedal
	19	Bosque abierto bajo
	20	Bosque denso alto
	21	Bosque denso bajo
	22	Cultivos permanentes herbáceos
	23	Pajonal denso (chilligua-crespillo)
	24	Pajonal denso (ichu-canlli)
	25	Pajonal denso (ichu-tola)
	26	Pajonal denso (kheña)
	27	Pajonal semidenso (chilligua-crespillo)
	28	Pajonal semidenso (ichu)
	29	Pajonal semidenso (ichu-canlli)



Niveles de Riesgo del Uso Actual de Tierra		
Riesgo Bajo	30	Pajonal semidenso (ichu-crespillo)
	31	Pastizal abierto (crespillo-chillihua)
	32	Pastizal denso
	33	Pastizal denso (crespillo)
	34	Pastizal denso (crespillo-chillihua)
	35	Pastizal denso (crespillo-ichu)
	36	Pastizal semidenso (crespillo)
	37	Pastizal semidenso (crespillo-canlli)
	38	Pastizal semidenso (crespillo-chilligua)
	39	Pastizal semidenso (crespillo-ichu)
	40	Tubérculos
	41	Vegetación arbustiva mixta
	42	Vegetación herbácea abierta de muña
	43	Afloramientos rocosos/ Escaza vegetación
	44	Áreas arenosas naturales
	45	Bofedal
	46	Bosque denso bajo
	47	Islas o Playas
	48	Pajonal denso (chilligua-crespillo)
	49	Pajonal denso (ichu-canlli)
50	Pajonal denso (kheña)	
51	Pajonal semidenso (chilligua-crespillo)	
52	Pajonal semidenso (chilligua-ichu)	
53	Pajonal semidenso (ichu)	
54	Pajonal semidenso (ichu-canlli)	
55	Pajonal semidenso (ichu-crespillo)	
56	Pastizal abierto (crespillo)	
57	Pastizal abierto (crespillo-chillihua)	
58	Pastizal denso (crespillo)	
59	Pastizal denso (crespillo-chillihua)	
60	Pastizal denso (crespillo-ichu)	
61	Pastizal semidenso (crespillo)	
62	Pastizal semidenso (crespillo-canlli)	
63	Pastizal semidenso (crespillo-chilligua)	
64	Pastizal semidenso (crespillo-ichu)	
65	Vegetación arbustiva mixta	
66	Vegetación herbácea abierta de muña	
Riesgo Muy Bajo	67	Afloramientos rocosos/ Escaza vegetación
	68	Áreas arenosas naturales
	69	Áreas Pantanosas
	70	Islas o Playas
	71	Pastizal abierto (crespillo)
Área urbana- Cuerpos de agua	A	Áreas Urbanas
	B	Canales, Quebradas o Ríos
	C	Lagos o Lagunas
	D	Nevado

Modelización cartografía del riesgo de desastre del UAT

De esta manera el riesgo por movimientos en masa del uso actual de tierras UAT se extiende gran parte en la zona de faja subandina que



comprenden los distritos de, Ayapata, San Gabán, Ollachea, Ituata, Coasa, Usicayos.

Para visualizar el modelo cartográfico o mapa de escenario de riesgo de desastre por movimiento en masa del Uso Actual de Tierras UAT, (**VER ANEXO 19**)

5.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE

En el ámbito de estudio según la evaluación del escenario de riesgo de desastre por movimientos en masa podemos comprender los niveles de riesgo que enfrentan el medio social, las vías de comunicación vial y las actividades económicas de los usos de tierras que desarrollan la población, previo este entendimiento y concientización del riesgo por movimientos en masa, planteamos las medidas de **prevención estructural** (obras de regulación, rectificación, y protección) y **no estructural** (medidas permanentes, de monitoreo y operación) para la prevención y/o reducción del riesgo de desastre.

5.4.1. Medidas de prevención estructural

A continuación, presentamos tres tipos de medidas de prevención estructural agrupadas según la naturaleza de inestabilidad de laderas, como **obras de regulación, obras rectificación y obras de protección**. Entendemos que el presente estudio de escenario de riesgo de desastre contempla movimientos en masa de todo tipo de procesos gravitacionales (deslizamientos, caídas, vuelcos, flujos, complejos, y otros) y por tanto planteamos múltiples alternativas ingenieriles de solución para la

estabilización de taludes y laderas inestables; y en referencia a lo mencionado
(Ver figura 101) (imagen referencial).

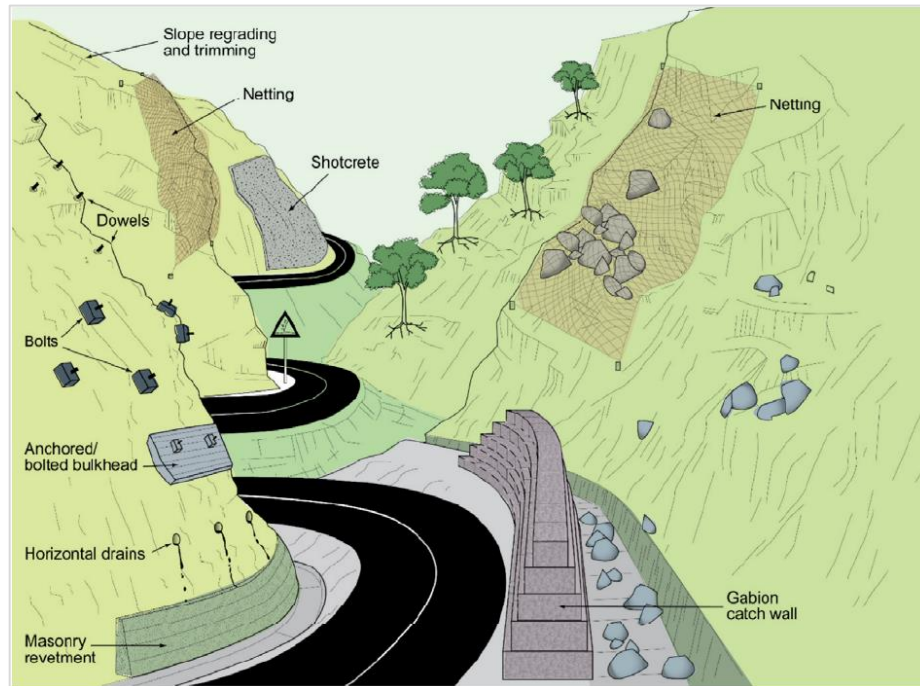


Figura 101. Medidas preventivas y correctivas en laderas de las rocas y suelos
Nota. Fortalecimiento de la resiliencia a los geopeligros en Transporte, Kathmandu Nepal (2017), con base a Geological Society, Londres (2011).

5.4.1.1. Obras de Regulación

a) Excavación y rellenos

La excavación consiste en realizar el retiro de capa vegetal, material común y conglomerados hasta llegar a la cota requerida de diseño por parte del cliente. Así mismo los rellenos son procesos de acumulación de material común, suelos y material granular. De esta manera la excavación y relleno es uno de los procesos constructivos más realizados en para las diferentes obras de mitigación del riesgo de desastre

b) Eliminación de la masa suelta o inestable en laderas

Es un método por el cual se realiza la remoción de rocas en taludes artificiales y laderas naturales (**Ver figura 102**) para su estabilización mediante las siguientes técnicas:

- Tendido de en material meteorizado inestable en la parte superior del talud.
- Remoción de rocas salientes mediante voladuras
- Remoción de árboles con raíces en grietas
- Desquinche manual de bloques sueltos en rocas astilladas
- Limpieza de cunetas

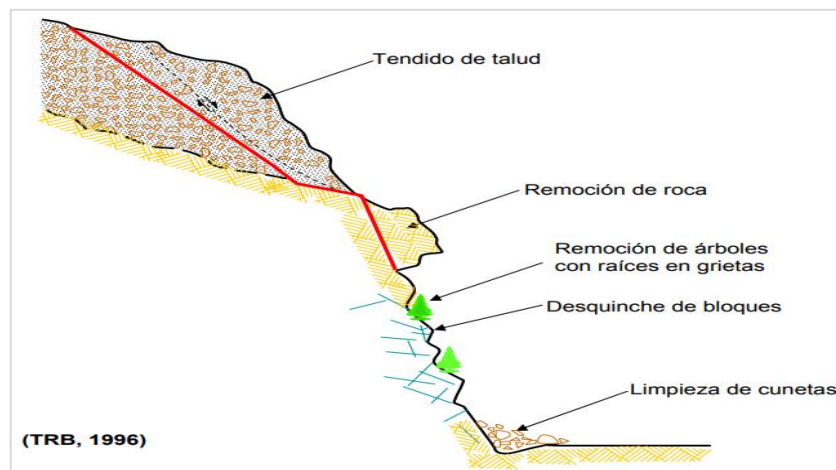


Figura 102. Abatimiento de la pendiente utilizando corte y relleno.

Nota. Tomado de Alva Hurtado, Jorge E. (2006) Conferencia de ingeniería geotécnica sísmica – Estabilidad de taludes en roca [diapositiva 33].

<http://www.jorgealvahurtado.com/files/Estabilizacion%20de%20Taludes%20de%20Roca.pdf>

c) Reducción de la altura del talud

La reducción de la altura de taludes genera un alivio de carga generando una reducción de las fuerzas actuantes en los taludes y laderas con altas probabilidades de movimientos en masa de tal manera que estas se estabilizan (**Ver figura 103**).

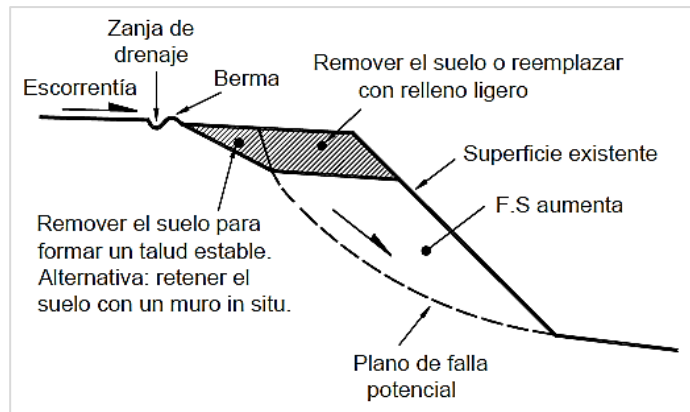


Figura 103. Reducción de la altura del talud o remoción de material de la cabeza de un talud.

Nota. Tomado de Suárez Díaz, Jaime. (2006)

Otra de las medidas de gran importancia en la estabilización de laderas y taludes inestables es el abatimiento de la pendiente, mediante la remoción de la masa de las zonas altas hacia las zonas bajas generando una nueva pendiente y en consecuencia un nuevo ángulo de talud de menor grado al original, con el fin de estabilizarlos **(Ver figura 104).**

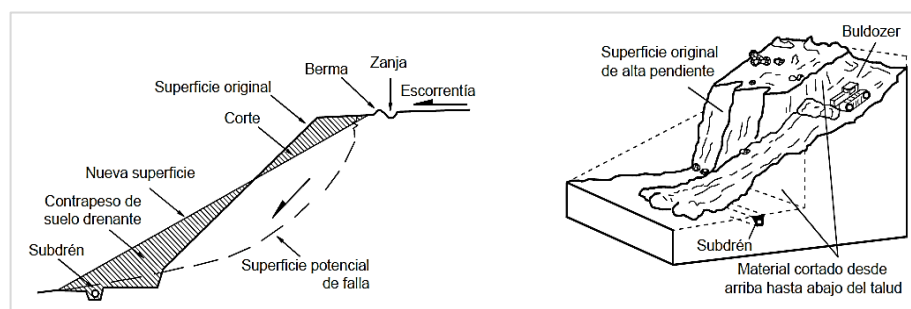


Figura 104. Abatimiento de la pendiente utilizando corte y relleno.

Nota. Tomado de Suárez Díaz, Jaime. (2006)

d) Ejecución de bermas intermedias o banquetetas

Las bermas intermedias o banquetetas conocidas también como terraseo son métodos contractivos de estabilización de taludes para la mitigación de movimientos en masa (**Ver figura 105**). Así mismo la conformación de bermas se realiza con la finalidad de controlar la erosión y el desarrollo favorable de la vegetación para aumentar el factor de seguridad de las laderas y taludes (Suarez J. 2006).

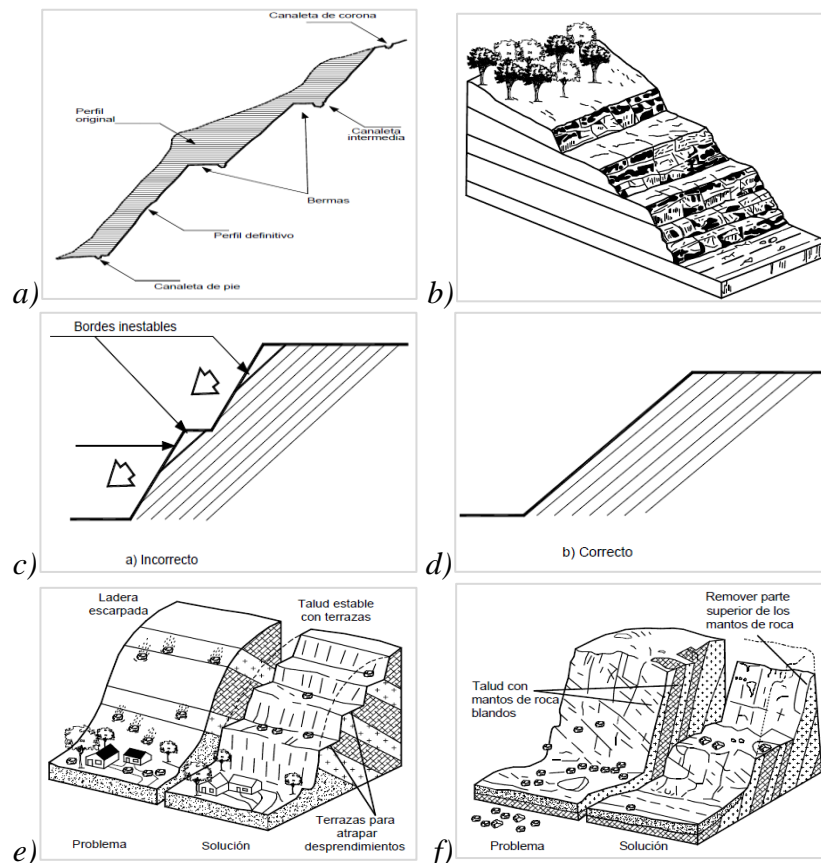


Figura 105. Diferentes tipologías de bermas.

Nota: a) Estabilización por conformación del talud y bermas. b) Banquetas o terraseo en taludes en roca con estratificación subhorizontal, c) y d) Cortes en taludes con juntas semi-paralelas a la topografía del terreno, e) Banquetas en materiales con estructura favorable, f) Banquetas en materiales con estructura desfavorable. Tomado de Suárez Díaz, Jaime. (2006)

e) Tacones de tierra y/o concreto o escolleras

Las escolleras son bloques de rocas sanas y compactadas y resistentes y según Gonzales de Vallejo (2002) se emplean las escolleras al pie de los taludes deslizados para aportar peso, con un diseño que permita el drenaje para así reforzar y estabilizar los taludes y laderas de inestabilidades superficiales (**Ver figura 106**).

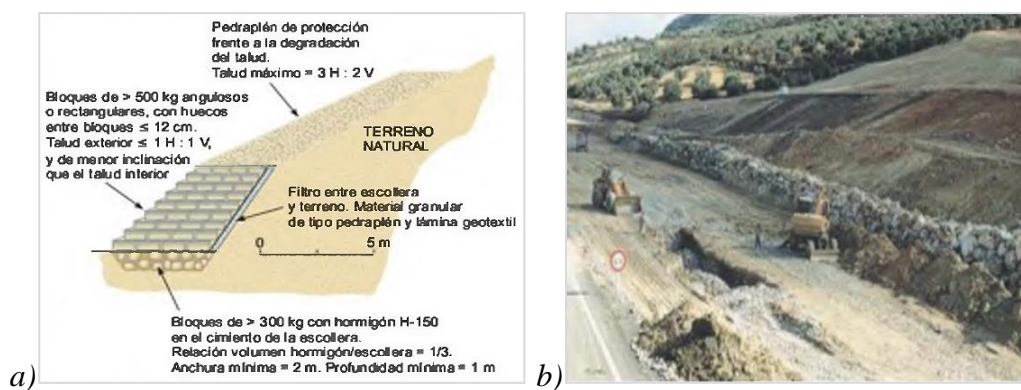


Figura 106. Tacones de tierra y/o escolleras.

Nota: **a)** Estabilidad de talud mediante escollera. **b)** imagen referencial de instalación de escolleras. Tomado de Gonzáles de Vallejo. (2002)

f) Perforaciones de drenajes verticales y horizontales

Los sistemas de drenajes horizontales y verticales son tuberías insertadas en los taludes o laderas con la finalidad de aliviar esfuerzos de presión de poro hidráulico mediante el abatimiento del nivel freático, y de esta manera estabilizar laderas y taludes propensos a movimientos en masa. (**Ver figura 107**).

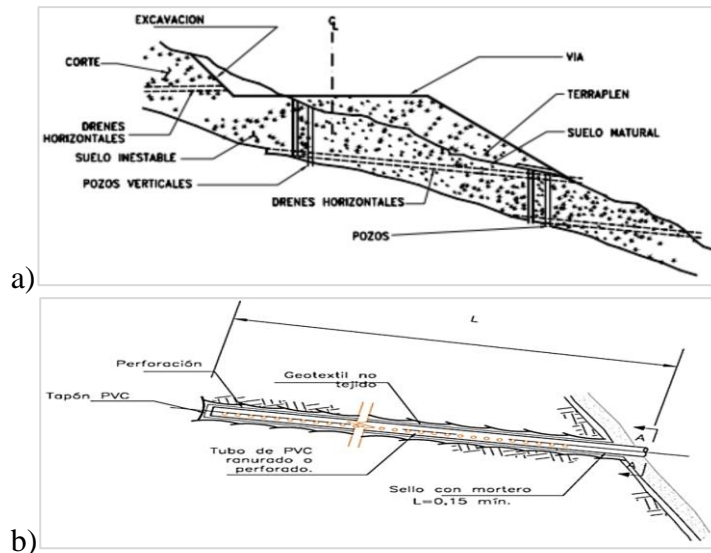


Figura 107. Drenajes verticales y horizontales

Nota: **a)** drenes horizontales y verticales. **b)** detalles de un dren perforado.

Tomado del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Honduras (PNUD), Manual de obras de mitigación (2013)

g) Zanjas de drenaje en laderas

En las laderas o taludes también se pueden realizar zanjas de drenajes con la finalidad de disminuir filtraciones de agua de escorrentía pudiéndose instalar sistemas de canales en zanjas de drenajes de tipo **espina de pescado** (Ver figura 108) estos drenajes impermeables colectan las aguas superficiales del talud para conducirlos a graderíos o torrenteras

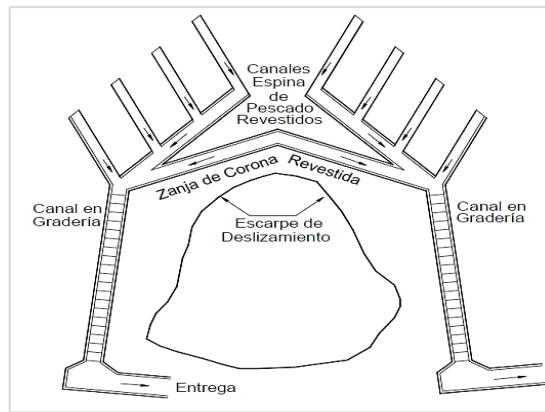


Figura 108. Esquema en planta de canales colectores Espina de Pescado.
Nota. Tomado de Suárez Díaz, Jaime. (2006,) técnicas de remediación tomo 2

5.4.1.2. Obras de Rectificación

a) Reforestación

Según el Manual de Ingeniería de Taludes del Instituto Geológico Minero de España IGME (1985) pag-334, menciona que sin duda alguna la cobertura vegetal trae beneficios de estabilidad en laderas y taludes, y desataca que las plantaciones evitan las erosiones superficiales, absorción de agua mediante raíces reduciendo la presión de poro, así mismo las raíces aumentan la resistencia al esfuerzo cortante. Es importante mencionar que no se recomienda especies arbóreas de rápido crecimiento y de raíces poco profundas dado que este incrementa el peso en el talud por ende los esfuerzos actuantes sobre ella. Se recomienda una colonización vegetal por etapas iniciando en hierbas terminado en árboles (**Ver figura 109**).

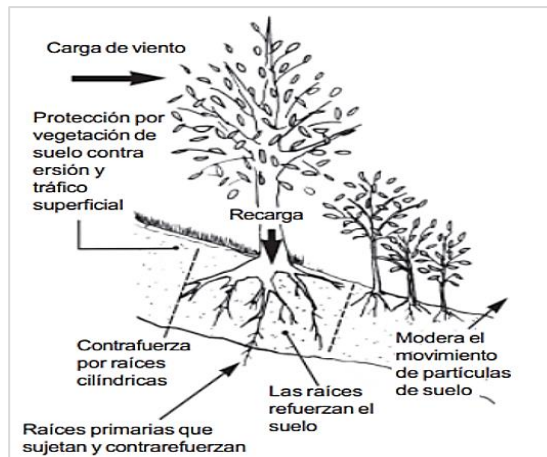


Figura 109. Cobertura Vegetal como estabilizador en laderas, las raíces pueden estabilizar una ladera a niveles del regolito y saprolito
Nota. Tomado del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Honduras (PNUD), Manual de obras de mitigación (2013)

b) Cambio de prácticas agrícolas de riesgo a los sistemas de riego por aspersión y goteo

Los riegos de áreas agrícolas de manera permanente y sin un manejo adecuado de estas prácticas generan un incremento de la napa freática, aumento de la humedad de los suelos, y por tanto un incremento de la presión de poro, conllevando al desequilibrio de los esfuerzos actuantes en laderas mismas que pueden desencadenar procesos gravitacionales de movimientos en masa. Para poder reducir el riesgo de desastre de este tipo se recomienda el cambio de riesgo por tecnologías de riego por aspersión y por goteo. En la zona de investigación es poco frecuente este tipo de procesos, pero en zonas costeras del Perú son más recurrentes este tipo de fenómenos.

5.4.1.3. Obras de Protección

a) Estructuras de escalones y rampas disipadoras

Según la Guía Instructiva de Recomendaciones Estructurales (2011) del INDECI, presenta estructuras disipadoras piedra asentada

con cemento de tipo semirústico con el fin de proteger de posibles huaycos, otro tipo de disipadores son los diques de mampostería de roca asentados con cemento también contra huaycos, o contra los grandes flujos de lodo y roca, finalmente otro tipo de disipadores son las estructuras artesanales de caña de Guayaquil o troncos contra la energía hidráulica pluvial y lodos usadas generalmente en pequeñas quebradas y laderas (**Ver figura 110**).

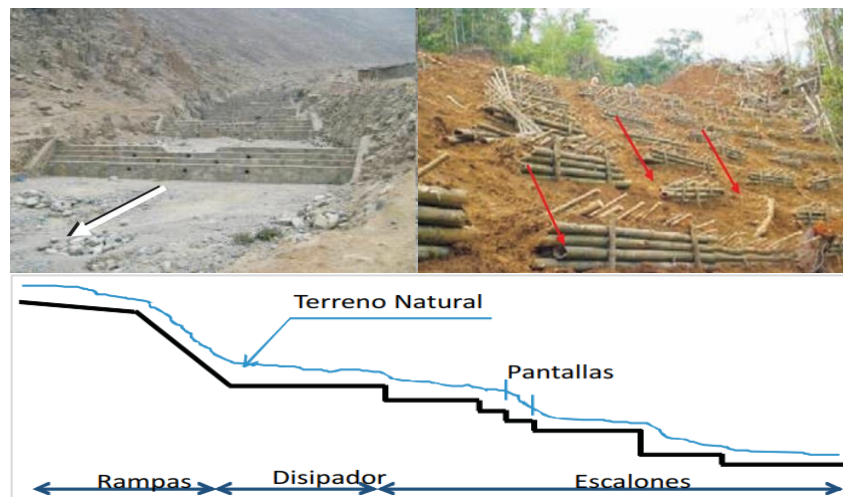


Figura 110. Disipadores de energía en quebradas y laderas de tipo roca asentada con concreto en quebradas y estructuras artesanales a base de troncos en laderas

Nota. Tomado de Guía instructiva de recomendaciones estructurales (2011) - INDECI

b) Protección contra volcamiento de rocas con mallas de acero tensadas (barreras dinámicas)

Las mallas de acero como barreras dinámicas o flexibles son sistemas de protección pasivos contra movimientos en masa superficiales (**Figura 111**) estas mallas son a base de alambre de acero de alta resistencia que brindan seguridad básicamente a viviendas y

vías de comunicación, estas si instalan bajo taludes y laderas inestables según la Web GEOBRUG (2021) “Barreras contra deslizamientos superficiales SL”

<https://www.geobrugg.com/es/Proteccion-contr-deslizamientos-superficiales-SL-8391,7859.html?markierung=dique>.



Figura 111. Barrera dinámica contra caída de rocas
Nota. Tomado de Maccaferri.

c) Protección contra volcamiento de rocas con muros de concreto ciclópeo o de concreto armado (barrera estática)

Conocidos también como sistemas de protección pasivos contra movimientos en masa según página Web MACCAFERRI – (2021) “Barreras Estáticas” (**Figura 112**), y según el Manual de Obras de Mitigación - Honduras (2013) – PNUD los clasifica en tres tipos estructuras de contención como estructura reforzada, concreto simple, y concreto ciclópeo, estas estructuras de concreto reforzado soportan empujes de diversos geomateriales produciendo un efecto estabilizador en laderas y taludes (**Figura 113**).



Figura 112. Barreras dinámicas

Nota. Tomado de Pág. Web. - MACCAFERRI (2021)

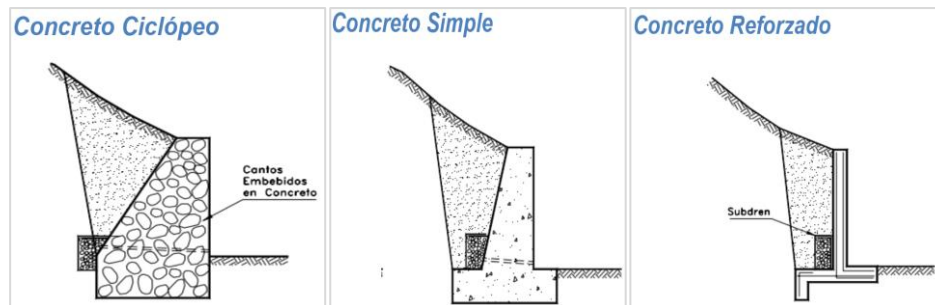


Figura 113. Estructuras de contención en concreto tipo Ciclópeo, Simple y Reforzado

Nota. Tomado del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Honduras (PNUD), Manual de obras de mitigación (2013).

d) Estabilización de rocas inestables en taludes mediante mallas ancladas

Las laderas y taludes muchas veces presentan rocas inestables amenazando a los medios socioeconómicos y como medida de mitigación se pueden aplicar sistemas de protección activos contra movimientos en masa superficiales con el revestimiento con mallas de acero tanto corticales (con pernos de anclaje) y con revestimiento de mallas simples (**Figura 114**) estas mallas son a base de alambre se

acero de alta resistencia que brindan seguridad instaladas en taludes y laderas inestables aumentando el factor de seguridad para su estabilidad.

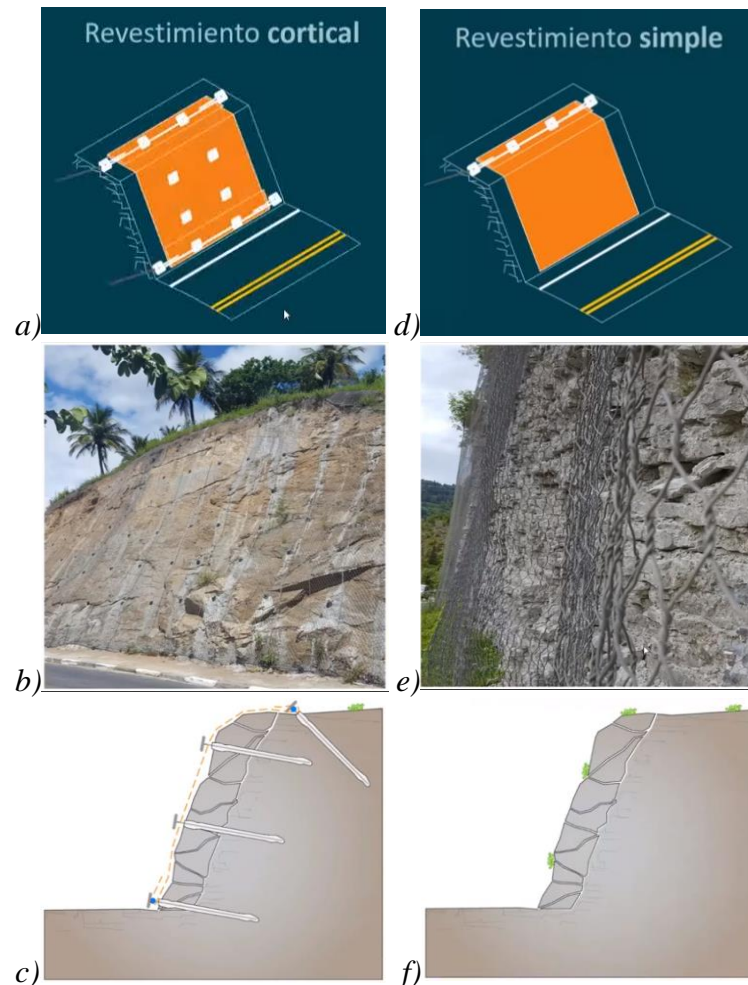


Figura 114. *Mallas ancladas en taludes de rocas inestables*
Nota: En a), b) y c) Revestimientos de taludes corticales y d) e) y f) revestimientos de taludes simples. Tomado de Pág. Web. - MACCAFERRI (2021)

e) Protección mediante túneles y cobertizos contra caída de rocas y/o flujos

En las vías de comunicación se pueden producir caída de rocas y flujo de detritos y para mitigarlo una de las medidas de protección son los túneles (**Figura 115**) y los cobertizos (**Figura 116**)



Figura 115. Paso de flujo de detritos sobre túneles
Nota. Guía instructiva de Recomendaciones Estructurales (2011) - INDECI

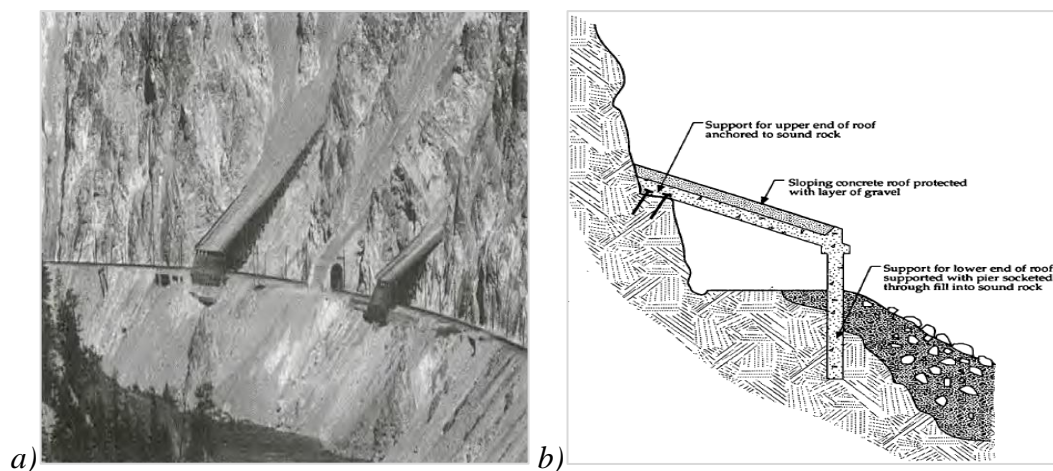


Figura 116. Protección mediante túneles y cobertizos

Nota: **a)** Cobertizos para roca construido con techos inclinados abruptamente que desvían la roca de las vías férreas de la Nacional Canadiense Ferrocarril, y en **b)** Cobertizo de roca mostrando el método de construcción de anclaje y fundación. Tomado de Transportation Research Board TBR (1996), “Landslide Investigation and mitigation”

f) Protección contra flujos (aluvión-huayco)

Los flujos de detritos o eventos aluviónicos en el Perú son muy conocidos como “Huaycos” del quechua que significa quebrada, sin embargo, el término aluvión llevado al quechua significa “Lloclla”, pero el constante uso del término Huayco por la población hace alusión a los aluviones. La zona de estudio por presentar estos

fenómenos planteamos medidas estructurales de protección como barreras flexibles según página Web GEOBRUGG (2021) y barreras estáticas de tecnología japonesa (**Figura 117**).

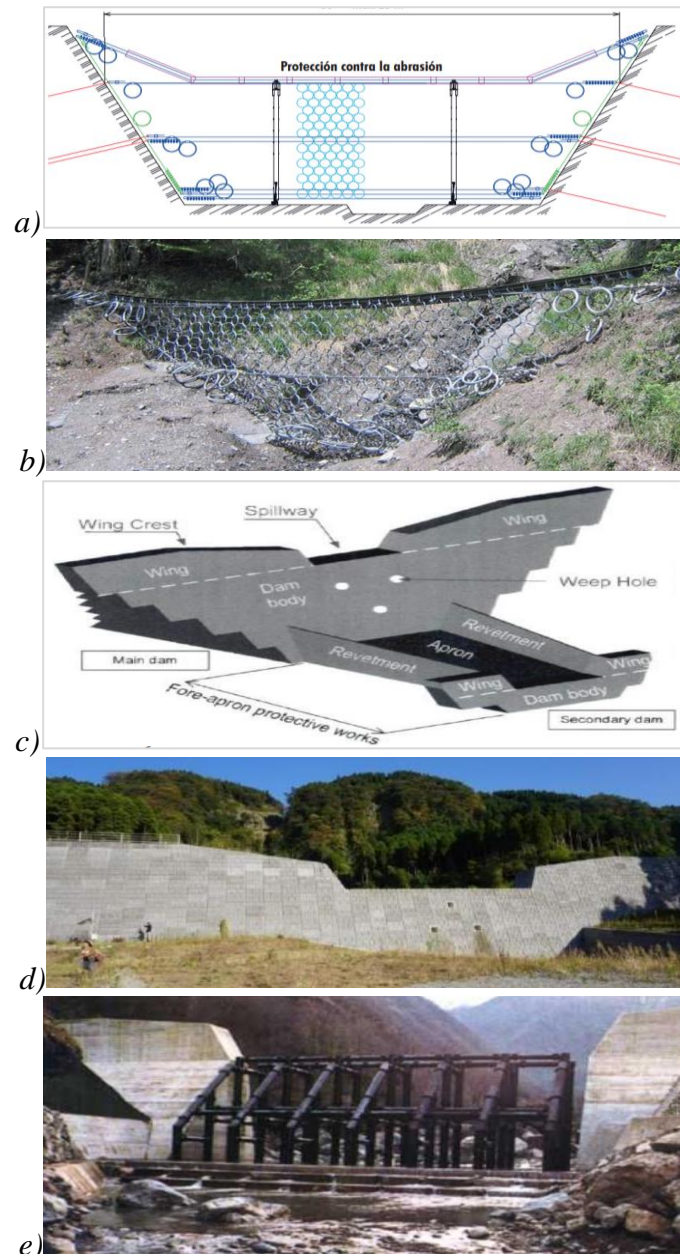


Figura 117. Protección contra flujo de detritos
Nota: Imágenes referenciales en **a)** y **b)** Barreras flexibles de anillos, en **c)** y **d)** Barreras estáticas de represas SABO, y **e)** barrera estáticas de tipo presa SABO abierta. Tomado de la Página Web GEOBRUGG (2021) “Barreras flexibles”, y Boletín Sociedad Geológica del Perú-SEG (2016), “Obras hidráulicas Japonesas”

g) Gaviones de protección contra deslizamientos y derrumbes

Las estructuras de protección de tipo gavión (cajas de alambre galvanizado de malla hexagonal de triple torsión con relleno de rocas) también se utilizan para este tipo de condiciones de taludes y laderas inestables (**Figura 118**).

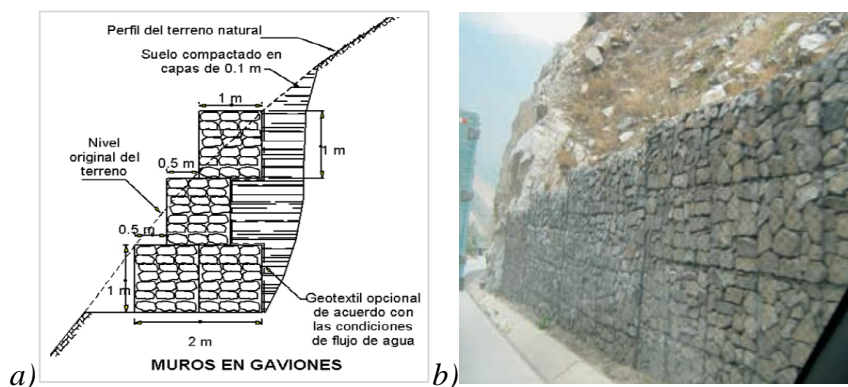


Figura 118. Gaviones de protección contra deslizamientos

Nota: Imágenes referenciales de sistema de protección con Gaviones.

Tomado de: *a*) Guía instructiva de Recomendaciones Estructurales (2011) – INDECI, y *b*) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Honduras (PNUD), Manual de obras de mitigación (2013)

5.4.2. Medidas de Prevención No Estructural

Las medidas no estructurales en la prevención del riesgo de desastre por movimientos en masa tienen la finalidad prevenir el riesgo de desastre el cual no contempla la edificación de una infraestructura física, más bien desde una óptica de la cultura de prevención mediante concientización social a través las políticas públicas, normativas y la educación, adicionalmente es importante mencionar el permanente monitoreo de zonas con riesgo latente.



5.4.2.1. Medidas permanentes

a) Regulación del uso de suelo

Estas regulaciones se sostienen en el tiempo con el fin de regular las actividades humanas como el sobreuso de los suelos en zonas de laderas inestables.

b) Capacitaciones

Como estrategia social en la concientización poblacional de los riesgos existentes es importante realizar tareas como **talleres y/o charlas** sobre los riesgos por movimientos en masa, se la misma manera en las unidades educativas impartir sobre la cultura de prevención del riesgo.

c) Fortalecimiento de la gestión local ante el riesgo de desastre

Son medidas de deben darse permanentemente en el tiempo, mediante campañas de difusión, fortalecimiento en la organización de los actores sociales competentes para afrontar futuras emergencias.

5.4.2.2. Medidas de monitoreo

Sistema de monitoreo y alerta temprana que genere una actitud preventiva mediante el uso de tecnologías como estaciones meteorológicas, sismómetros, cámaras de video, sensores, puntos de monitoreo topográficos, monitoreo mediante piezómetros y entre otros (**Ver figuras: 119 – 120 - 121**).

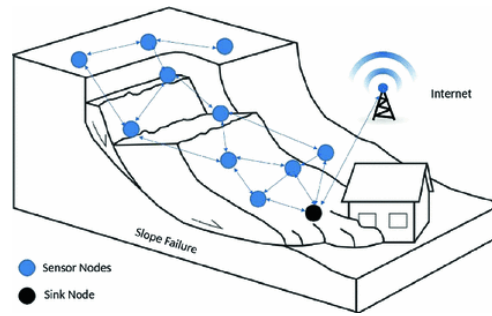


Figura 119. Sensor de Redes Inalámbricas “Wireless Network Sensor” (WSN) en zonas de laderas inestables
Nota. Tomado de, P. Singh et al (2018), A WSN-Based Landslide Prediction Model Using Fuzzy Logic Inference System.

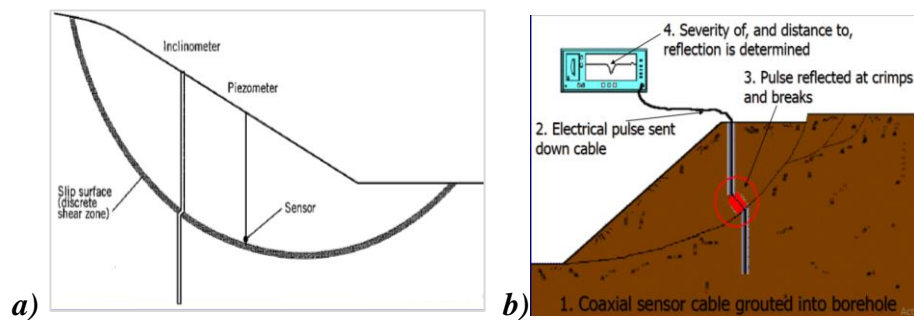


Figura 120. Medidas de monitoreo instrumentado en taludes inestables.
Nota: En *a*) Uso de inclinómetros para precisar la profundidad del movimiento en masa y la alerta, y en *b*) Sensor Dominio de Tiempo de Reflectometría (TDR) en zonas de laderas inestables.
Tomado de CENAPRED (2012), “Monitoreo de Laderas con fines de Evaluación y Alertamiento” México.

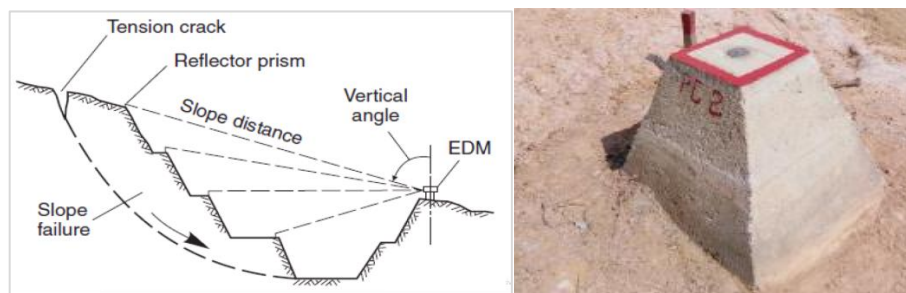


Figura 121. Monitoreo de taludes mediante control topográfico - “Bench Mark MB”



VI. CONCLUSIONES

a) Conclusión general

Con relación al objetivo general, en la provincia de Carabaya se ha estimado el escenario de riesgo por movimiento en masa, un total de 1209 centros poblados, 1239365.35(ha) de uso actual de tierras (UAT) y 2182.85 km de red vial, a escala 1:50000.

b) Conclusiones específicas

- Con relación al primer objetivo, como factor condicionante, se ha **caracterizado** 70 unidades litológicas, 20 unidades geomorfológicas, 07 unidades de pendientes, 22 unidades de cobertura vegetal; y como factor desencadenante, tenemos precipitaciones pluviales promedio trimestrales de verano de 30 años que registran una mínima de 264.7mm, una media de 1780.56mm y una máxima de 3244mm; seguidamente se tiene 36 unidades de uso actual de tierras (UAT). En la caracterización socioeconómica Carabaya posee 73322 habitantes, con pobreza de 50.2%, existen 23850 viviendas, siendo electrificadas el 54%, agua al 42.5%, desagüe al 31.58%; en educación el 4.27% llega a tener superior universitaria y el grueso se queda en primaria y secundaria; en salud el 57.61% posee algún tipo de seguro de salud; así mismo existen 2182.5 kilómetros de red vial, de clase nacional, departamental, vecinal, y no registrados. Finalmente, todas estas características ayudaron a construir los modelos de peligro y vulnerabilidad.
- Con relación al segundo objetivo, la **peligrosidad** por movimiento en masa muestra sorprendentemente un 22.06% de área con peligro de nivel muy alto, y 42.16% de área con nivel de peligro alto, excepcionalmente estos peligros de niveles alto y



- muy alto representa más de la mitad de la provincia de Carabaya con 64.22% de área, siendo más frecuentes los deslizamientos y flujos de detritos.
- Con relación al tercer objetivo, en la provincia de Carabaya se analizó la **vulnerabilidad** de 1209 centros poblados (CCPP), resultando: 572 (47%) CCPP con vulnerabilidad de nivel alto. Se analizó la vulnerabilidad de 2182.5 kilómetros vías resultando: 456.8km (20.9%) con vulnerabilidad de nivel muy alto, y 880.5km (40.3%) con vulnerabilidad de nivel alto. Por otra parte, la vulnerabilidad del uso actual de tierras (UAT) resulta: 3.80% de área (zonas de cultivos y áreas de extracción minera.) con vulnerabilidad muy alta, y el 0.15% de área con vulnerabilidad alto.
 - Con relación al cuarto objetivo, la estimación del **escenario de riesgo** muestra: de un total de 1209 centros poblados CCPP, unos 432 (36%) CCPP con riesgo de nivel alto. Por otra parte, de un total de 2182.5 kilómetros la red vial se muestra 101.13km (4.63%) con riesgo de nivel muy alto, y 991.43 km (45.43%) de red vial con riesgo alto. Finalmente, se estimó el riesgo del uso actual de tierras UAT resultando: el 1.38% del área (zonas de cultivos y extracción minera) con riesgo muy alto, seguido del 20.67% de área con nivel de riesgo alto.



VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una página web “Visor Geoportal” que incluya la memoria descriptiva, estudios base, modelos de peligros, vulnerabilidad y riesgo, en formatos como .PDF, .JPG, .SHP (Shapefile) para acceso y descarga rápida, especialmente para los involucrados en la gestión del territorio y público en general.
- Estos resultados pueden y deben ser usados por los gestores del territorio en la provincia de Carabaya en articulación con los tres niveles de gobiernos (nacional, regional y local) para la mejor gestión del territorio en reducción del riesgo de desastre.
- Con base a la presente tesis de investigación, se recomienda realizar estudios de riesgo por movimientos en masa a nivel distrital y/o local con mayor detalle de escalas como 1/25 000, 1/15 000, y 1/10 000 focalizando zonas de riesgo de nivel alto y muy alto evaluadas en la presente tesis de investigación.
- La modelización del peligro en esta tesis, no contempla parámetros geotécnicos e hidrogeológicos como presión de poros, resistencia al corte de materiales geológicos consolidados (rocas) y no consolidados (suelos), por tanto, se recomienda a la comunidad académica incluir estos factores hidrogeotécnicos para posteriores estudios de detalle que es de suma importancia.
- Con base a la presente investigación, los especialistas en gestión del riesgo deben guiar la implementación de las medidas estructurales de ingeniería previa evaluación de detalle en zonas de riesgo muy alto, considerando alternativas como perfilaje de taludes, bermas o banquetas, escolleras, alivio de presiones hidrostáticas mediante drenajes horizontales y verticales, zanjas de drenajes en



laderas, reforestaciones, rampas disipadoras, barreras dinámicas-estáticas, mallas ancladas, gaviones, etc. Y las medidas no estructurales como campañas de concientización en la cultura del riesgo, así como la implementación de sistemas de alerta temprana y su respectivo monitoreo.



VIII. REFERENCIAS

- Alva Hurtado, Jorge E. (2006). *Conferencia de ingeniería geotécnica sísmica – Estabilidad de taludes en roca* [diapositiva 33].
<http://www.jorgealvahurtado.com/files/Estabilizacion%20de%20Taludes%20de%20Roca.pdf>
- Aricochea (2016), *Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del Rio Omayá Distrito de Pichari, Provincia de La Convención – Región Cusco.*
- Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W.; Huerta, A.; Fernández, C.; Vega, F.; Sabino, E.; Felipe, O. (2017). *Uso del producto grillado PISCO de precipitación en estudios, investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico.* Nota Técnica 001 SENAMHI – DHI – 2017
- Burga, J. D. (2011), *Diccionario Geológico – INGEMMET – Lima.* ARTHALTUNA.
- Cardona A., O. D., (2002). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos.* Universitat Politècnica de Catalunya – España.
<https://www.tdx.cat/handle/10803/6219#page=1>
- Carlos Peñaherrera (1969). *Geografía General del Perú. Tomo I: aspectos físicos.* Lima.
- Castro M., (2017) *Evaluación de Riesgos Geológicos de la Zona Urbana, Distrito de Ollachea – Carabaya,* Universidad Nacional del Altiplano.
- Centro de estudios y prevención de desastres – PREDES, (2008). *Metodología para el Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo ante Inundaciones y Sismos, de las Edificaciones en Centros Urbanos.* Olga Lozano Cortijo.



- Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre – CENEPRED (2015), *Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales Versión v2.0*
- Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre – CENEPRED (2019), *Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales Versión v3.0.*
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección Ambiental*. Universidad Complutense de Madrid.
- Comisión Nacional del Ambiente, (2006). Directiva *Metodología para la Zonificación Ecológica y Económica*. Decreto de Consejo Directivo N010-2006-CONAM. Lima.
- Comunidad Andina, (2018). *Glosario de términos y conceptos de la gestión del riesgo de desastres para los países miembros de la comunidad andina*
- Corominas J. (1973). Etimología del riesgo. Obtenido de: etimologias.dechile.net/?riesgo
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996). *Landslide Types and Processes*
- Decreto Supremo N° 087-2004-PCM, *Aprueban Reglamento de Zonificación Ecológica Económica (ZEE)*. (2004).
- Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial (2011). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación de la Provincia de Carabaya*. Gobierno Regional de Puno.
- Fidias G. Arias. (2006). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*. Venezuela – 6ta edición.



- Friedreich Diez. (1864). Etimología del riesgo. Obtenido de:
etimologias.dechile.net/?riesgo
- Fukuyama H. et al. (2016). *Research on earthquake response reduction properties and its repeatability of the foundation technology used in the sanctuaries dating up to 5,000 years ago*. Journal of Japan Association for Earthquake Engineering.
- Geohazard Risk Management in the Transport Sector, (2017). *Fortalecimiento de la resiliencia a los geopeligros en Transporte*, Nepal. con base a Geological Society, Londres (2011).
- Geología Multinacional No. 4, (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina una Guía Para la Evaluación de Amenazas*. - Argentina, Bolivia, Canadá, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.
- GEOQUANTICS. (2017). *Los conceptos de susceptibilidad y peligrosidad de movimientos de ladera*. Obtenido de: <https://geoquantics.com/2017/07/13/los-conceptos-susceptibilidad-peligrosidad-movimientos-ladera/>
- Hurtado Toskano & Bruno Gérard (2005). *El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L.* UNMSM – Lima Perú.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico - INGEMMET. (1973). *Geología de los Cuadrángulos de Ocongate y Sicuani*. Boletín Nro. 25. Audebaud, E. Lima - Perú.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico - INGEMMET, (2013). *Riesgo geológico en la región Tumbes*. Boletín Nro. 51 Serie C. Manuel Vilches M. et al. – Lima Perú.



- Instituto Geológico Minero Metalúrgico - INGEMMET. (1996). *Geología del Cuadrángulo de Nuñoa*. Boletín Nro. 74 Serie A. López, J. Lima -Perú.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico - INGEMMET. (1996). *Geología del Cuadrángulo de Macusani*. Boletín Nro. 79 Serie A. De La Cruz, J. et al. Lima - Perú.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, (1996). *Geología de los Cuadrángulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincenal, Mazuko, Astillero y Tambopata*. Boletín N° 81 de la serie A. Palacios, O. et al. Lima-Perú.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET. (1996) *Geología del Cuadrángulo de Limbani*. Boletín N° 84 de la serie A. Monge, R. & Zedano, J. Lima – Perú
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET. (1997) *Geología de los Cuadrángulos de Corani y Ayapata*. Boletín N° 90 de la serie A. Chávez, A. Lima – Perú
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET, (1997). *Geología de los Cuadrángulos de Esquena, Santa Barbara y Azata*. Boletín N° 91 de la serie A. Monge, R. et al. Lima – Perú.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET, (2007). *Evolución Tectónica, Sedimentaria y Magmática del Pérmico-Triásico-Jurásico (del Mitu al pucara): Implica Geodinámicas, Metanogénicas y Petrolíferas, Informe sobre la Metanogénica del Perú Central-Norte*. Jorge Quispe Cangana, Víctor Carlotto Caillanux, Rildo Rodríguez, Dina Huanacuni Mamani.



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET. Obtenido de *GEOCATMIN*:

<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI *Teoría del riesgo y desastres*. (2012).

Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, (2008). *Vulnerabilidades, Capacidades y Gestión de Riesgo en la República del Perú*. Documento País.

Instituto de Geografía & UNAM, (2000). Boletín 41. *Landslide: ¿Deslizamiento o movimiento del terreno? Definición, clasificaciones y terminología*. – México.

Instituto de Geografía & UNAM, (2011). *Diccionario Geomorfológico*. José Lugo Hubp. México. – 1ra. Edición.

Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía (2017) *Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. – México:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461117300341>

Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, (2008). *Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database*:
<http://srtm.csi.cgiar.org>.

Jean Louis Chaput, (2013). *Iniciación a la Geomorfología*, Ed. Ellipses. Paris.

Jean Riser, (1999). *Le Quaternaire, Géologie et Milieux Naturels*, Ed. Dunod. Paris,

Journal of South American Earth Sciences, (1988). Vol. I, N° 3.

Klauer A. (2000). *El mundo pre-Inca: Los abismos del cóndor*, Tomo I (3ra. ed.).
Lima – Perú.

Laubacher G., Sebrier M., Fornari M. y Carlier G. (1988). *Oligocene and Miocene continental sedimentation, tectonics and S-type magmatism in the southeastern*



Andes of Perú (Crucero basin): Geodinamics implications. Journal of South American Earth Sciences, Vol. I, N° 3.

Laubacher G., Sebrier M., Fornari M. y Carlier G. *Oligocene and Miocene Continental Sedimentation, Tectonics, and S-type Magmatism in the Southeastern Andes of Perú (Crucero Basin): Geodynamics Implications.*

Loaiza, W.; Carvajal, Y.; Baquero, O. (2015). *Índice estandarizado de precipitación (SPI) para la caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del río Agua-Colombia.* doi: 10.3989/estgeogr.201520.

Max Derruau, Ed. Ariel, (1966). *Geomorfología.* Barcelona.

Meso- Zonificación Ecológica Económica del departamento de Puno (2014)

Micro-Zonificación Ecológica Económica Dist. Samán – Dist. Cabana (2016) – departamento de Puno.

Ministerio de Agricultura – MINAGRI, (2006). *Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre.* Decreto Supremo N° 043-2006-AG.

Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. *Leyenda Nacional de Cobertura de la Tierra – Metodología CORINE Land Cover,* adaptada. Colombia.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2019). *Conociendo la ZEE:* extraído de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/conociendo-zonificacion-ecologica-economica-zee>

Ministerio del Ambiente - MINAM, (2009). *Plan director de Áreas Naturales Protegidas*



- Ministerio del Ambiente - MINAM, (2014). *Orientaciones básicas sobre el ordenamiento territorial en el Perú.*
- Ministerio del Ambiente – MINAM, (2010). *Guía de Evaluación de la Flora Silvestre. Valoración y financiamiento del patrimonio natural.* Lima – Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2010). *Mapa Vial por Distritos (D.S. N° 011-2016-MTC).* Lima – Perú: Tomado de: http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapa-ruta-districtal.html
- Moretti s. & Cigna F. (2012). *The International Fórum on Satellite EO and Geohazards.* The Santorini Conference Santorini, Greece, 21–23 May 2012. Italia
- Naciones Unidas (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres*
- Ocola, L. & Gómez, J. (octubre 2014). *Peligros geológicos de superficie en el territorio peruano: años 1999-2002.* Trabajo presentado en el Congreso Peruano de Geología. Perú
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre - UNDRR, (2021). *¿Qué es la reducción del riesgo de desastre?* Obtenidos de UNDRR: <https://www.eird.org/americas/we/que-es-la-reduccion-del-riesgo-de-desastres.html>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre – UNDRR. (2020). *Financiamiento.* Obtenido del UNDRR: <https://www.undrr.org/es/sobre-undrr/financiamiento>



- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres – UNISDR, (2009). *Terminología Sobre Reducción del Riesgo de Desastres* Ginebra Suiza Naciones Unidas.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2012). *Índice normalizado de precipitación*. Guía del usuario.
- Osorio, G. & Orejuela, C. (2008). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación*. Scientia et Technica Año XIV, Nro. 39. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Obtenido de: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3217/1849>
- Passuni (2011) en su tesis *Ocupación Humana no Planificada y Riesgo en la Ciudad de Cusco - Caso Microcuenca de Sacramayo*, Pontificia Universidad Católica del Perú-PUCP.
- Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgos*, - Buenos Aires – Argentina
- Propuesta Metodológica – Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Municipal, (2012) Quito - Ecuador.
- Ramos, A., Trujillo-Vela, M. y Prada, L. (2015). *Análisis descriptivos de procesos de remoción en masa en Bogotá*. Obras y Proyectos 18, 63-75.
- Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres mayo del 2011 – Legislación Peruana.
- Hernández Sampieri R. (2014), *Metodología de la Investigación*, México, 6ta Edición
- Rodríguez R., Acosta H., Cueva E. y Carlotto V. (2010). *Dominios y Estilos Estructurales en el Altiplano y Borde Oeste de la Cordillera Oriental del Sur del*



- Perú. Sociedad Geológica del Perú, XV Congreso Peruano de Geología, Lima-Perú.
- Rodríguez R., Acosta H., Cueva E. y Carlotto V. (2010). *Dominios y estilos estructurales en el altiplano y borde oeste de la cordillera oriental del sur del Perú*. En XV Congreso Peruano de Geología, Lima, Sociedad Geológica del Perú.
- Rojas V. O. & Martines R. C. (2011). *Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales* Revista Universitaria de Geografía, Universidad Nacional del Sur. Argentina. <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383239103004.pdf>
- Ruelas Alvarez, D B., et-al., (2019). *Estudio de riesgo de desastre para la adaptación frente al cambio climático área de influencia de la propuesta de la carretera Balsapuerto – Moyobamba*, PROTERRA - Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana - IIAP, Iquitos – Perú.
- Lacasse S. et-al (2010). *Landslide Hazards*. International Centre for Geohazards (ICG) y el (IGI) – Noruega:
[researchgate.net/publication/267423148_Living_with_Landslide_Risk](https://www.researchgate.net/publication/267423148_Living_with_Landslide_Risk)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. *Base de datos grillados PISCO* (Peruvian Interpolated data of SENAMHI's Climatological and hydrological Observations). Lima – Perú.
- Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS, (2021). Obtenido de USGS:
https://www.usgs.gov/natural-hazards/landslide-hazards/science/catastrophic-landslides-20th-century-worldwide?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Sociedad Geología de América – GSA, (2012). *Catastrophic Landslide*. USA



- Sociedad Geológica del Perú (2010). XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos., Pub. Esp. N°9. Cusco.
- Sociedad Geológica del Perú (2010). *Dominios y estilos estructurales en el altiplano y borde oeste de la cordillera oriental del sur del Perú*. XV Congreso Peruano. Rodríguez R., et al. Lima – Perú.
- Tarbuk & Lutgens. 2005. *Ciencias de la Tierra - una introducción a la geología física*. 8va Ed. España.
- The Geological Society of America. (2002). *Catastrophic Landslide: Effects, Occurrence and Mechanisms*. USA.
- Universidad de Murcia España - SIGMUR. (2006). *Subsecciones*, obtenido de SIGMUR: https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node36_mn.html
- University Of Cambridge (2020). *Developing Scenarios for Disaster Risk Reduction*, Center For Risk Studies, Reino Unido – Inglaterra.
- Villota, H. (1991). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras*. IGAC-Bogotá.
- Wallis, J., Schaefer, M., Barker, B., y Taylor, G. (2007). *Regional precipitation-frequency analysis and spatial mapping for 24-hour and 2-hour durations for Washington States*. Hydrology and Earth System Sciences.
- Zinck, A. (1987). *Aplicación de la Geomorfología al Levantamiento de Suelos en Zonas Aluviales*. Bogotá D. E.



ANEXOS



LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Tabla de resultados del riesgo por movimiento en masa del medio social

ANEXO B - Tabla de resultados de la vulnerabilidad por movimiento en masa del medio social

ANEXO C – Panel fotográfico

ANEXO D - Algoritmos para el geoprocesamiento

ANEXO E - matriz de consistencia

ANEXO 01 - Mapa geológico

ANEXO 02 - Mapa geomorfológico

ANEXO 03 - Mapa de pendientes

ANEXO 04 - Mapa de cobertura vegetal

ANEXO 05 - Mapa de uso actual de tierras

ANEXO 06 - Mapa de precipitación pluvial

ANEXO 07 - Mapa de niveles de ponderación para geología

ANEXO 08 - Mapa de niveles de ponderación para geomorfología

ANEXO 09 - Mapa de niveles de ponderación para pendientes

ANEXO 10 - Mapa de niveles de ponderación para cobertura vegetal

ANEXO 11 - Mapa de niveles de ponderación para precipitación pluvial

ANEXO 12 - Mapa susceptibilidad por movimiento en masa

ANEXO 13 - Mapa de peligros por movimientos en masa

ANEXO 14 - Mapa de vulnerabilidad social

ANEXO 15 - Mapa de vulnerabilidad de la red vial

ANEXO 16 - Mapa vulnerabilidad del uso actual de tierras

ANEXO 17 - Mapa de escenario de riesgo por movimiento en masa del medio social

ANEXO 18 - Mapa de escenario de riesgo por movimiento en masa de la red vial

ANEXO 19 - Mapa de escenario de riesgo por movimiento en masa del uso actual de tierras

ANEXO 20 - Mapa de identificación de peligros puntuales

ANEXO 21 - Mapa de estructuras geológicas

ANEXO 22 - A Mapa de precipitación total promedio anual

ANEXO 23 - B mapa de precipitación trimestral verano D-E-F

ANEXO 24 - C Mapa de precipitación trimestral otoño M-A-M

ANEXO 25 - D Mapa precipitación trimestral invierno J-J-A

ANEXO 26 - E Mapa precipitación trimestral primavera S-O-N