	<p>Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE)</p>
	<p><i>“Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas en el área de Peñas Blancas, Esparza”</i></p>
<p>Licitación Nº 2011LA-000055-00200</p>	<p>Informe Final</p>
	<p>10 de noviembre de 2020</p>
<p>Realizado por: Ing. Javier Saborío Bejarano Geól. Gerardo J. Soto Geól. Dr. Sergio Mora Personal asociado a SGSA</p>	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE CUADROS	5
ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 3	6
SIGLAS	7
Presentación	8
Resumen	9
1. Introducción	10
2. Objetivo general	12
3. Productos.....	12
3.1. Caracterización de la amenaza de la inestabilidad de laderas.....	12
3.2. Caracterización de la vulnerabilidad y medidas de intervención. Establecimiento de una línea de base que integre, al menos, los siguientes aspectos.....	13
4. Metodología	14
4.1 Caracterización del riesgo	15
4.2 Metodología para el análisis de la amenaza de la inestabilidad de laderas	16
4.2.1 Amenaza de la inestabilidad de laderas	16
4.2.2 Factores de la amenaza.....	18
5. Descripción del área de estudio	18
5.1. División político administrativa	20
5.2. Áreas de Conservación – Áreas Silvestres Protegidas y Corredores Biológicos.....	20
5.3 Zonas de vida	23
5.5 Pendientes	25
5.6 Aspectos climáticos.....	29
5.7 Uso – ocupación de la tierra.....	31
5.8 Capacidad de uso de la tierra.....	35
5.9 Hidrografía	37
5.10 Marco geológico.....	39
5.10.1. Grupo Aguacate (Mioceno Inferior – Plioceno) (lavas bNag, brechas bNag, roca muy alterada alvNag)	40
5.10.2. Ignimbrita Peñas Blancas (igpb)	43
5.10.3. Formación Monteverde (Pleistoceno Inferior) (andesitas amv, riolacitas: PCmv).....	45
5.10.4 Aluviones (Pleistoceno Superior – Holoceno) (alQ).....	47
5.10.5 Depósitos de deslizamiento (Cuaternario) (dQ, col)	47
5.10.6. Depósitos lacustres (Cuaternario) (IQ).....	49
6. Análisis de la amenaza de la inestabilidad de laderas	56
6.1 Inestabilidad de laderas final.....	56
7. Volumen del deslizamiento	59
8..Exposición-vulnerabilidad.....	61
8.1 Vulnerabilidad con límites administrativo – políticos y/o censos.....	61
8.2 Vulnerabilidad.....	67
8.3 Inventario a detalle	71
9. Caracterización de la vulnerabilidad y medidas de intervención. Establecimiento de una línea de base... 74	74
10. Apoyo a la zonificación territorial en Peñas Blancas	77
10.1. Formas de intervención	79
10.2 Estrategia de intervención	81
11. Sistema comunitario de vigilancia, advertencia, respuesta y continuidad operativa (SIVAREC), debido a la inestabilidad de laderas.	83
11. 1 Ideas básicas para el establecimiento del sistema SIVAREC, para enfrentar las emergencias derivadas de la inestabilidad de laderas.....	83
11.2. Participación de la comunidad en el sistema SIVAREC	84
11.3 Consideraciones al someter un SIVAREC para la comunidad de Peñas Blancas	85
13. Recomendaciones.....	86
14. Referencias	87
Anexo 1	90

Anexo 2	92
Anexo 3	93
A3.1 Amenaza de la inestabilidad de laderas	93
A3.2 Susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.....	94
A3.2.1 Factor de susceptibilidad por la pendiente del terreno	94
A3.2.2 Factor de susceptibilidad por relieve relativo (Sr).....	98
A3.2.3 Factor litológico (SI)	101
A3.2.4 Factor de humedad (SH).....	107
A3.2.5 Susceptibilidad a la inestabilidad de laderas	110
A3.2.6 Factor de disparo por influencia de la acción de la sismicidad intensa (Ds)	112
A3.2.7 Factor de disparo por influencia de la intensidad de las lluvias (Dp)	116
A3.2.8 Factores de disparo	118
A3.2.9 Amenaza de la inestabilidad de laderas	121
Anexo 4	124
Anexo 5. Inventario de infraestructura en el sitio, se entrega con la BD geo referenciado con mayor información.	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso Mora & Vahrson	18
Figura 2. Ubicación del área de interés	19
Figura 3. Cantones en el área de análisis de Peñas Blancas	21
Figura 4. Áreas protegidas y corredores biológicos en área de análisis de Peñas Blancas.....	22
Figura 5. Zonas de vida en el área de Peñas Blancas	24
Figura 6. Áreas y porcentajes de las zonas de vida predominantes en Peñas Blancas	25
Figura 7. Modelo de elevación digital del área de interés	26
Figura 8. Tipos de relieve y convención de nomenclatura según Decreto Ejecutivo Nº 41860 MAG-MINAE	27
Figura 9. Pendientes según decreto Nº 41860 MAG-MINAE, en el área de Peñas Blancas	28
Figura 10. Histograma de distribución de las pendientes en porcentajes en el área de Peñas Blancas	29
Figura 11. Precipitación promedio anual en el área de Peñas Blancas	30
Figura 12. Temperatura promedio anual en el área de interés.....	32
Figura 13. Ortofoto en el área de Peñas Blancas	33
Figura 14. Uso – ocupación de la tierra, en el área de Peñas Blancas	34
Figura 15. Capacidad de uso de la tierra en el área de Peñas Blancas.....	36
Figura 16. Microcuencas del río Jabonal, en el área de análisis	37
Figura 17. El “Cinturón del oro”, que comprende las cordilleras volcánicas neógenas, desde el Aguacate hasta Tilarán, en donde se encuentra el área bajo estudio (rectángulo blanco). Reformado de Kussmaul & Jiménez (2001).....	39
Figura 18. Mapa geológico del área estudiada, en la periferia de Peñas Blancas.....	41
Figura 19. Lavas y brechas del Grupo Aguacate. A y B: Lavas sanas fracturadas. C y D: Brechas. E: Rocas con alteración, principalmente silicificación. F: Aspecto de la roca meteorizada a suelo residual.	42
Figura 20. Ignimbrita Peñas Blancas. A: En vista macroscópica. B: Detalle petrográfico de componentes principales reconocibles en macroscopía.	43
Figura 21. Afloramientos de la Ignimbrita Peñas Blancas (igpb). A: En los acantilados (fondo) sobreyacidas por las lavas de la Fm. Monteverde (amv), al oeste del poblado (primer plano). B: Roca alterada a suelo gris arcilloso (primer plano) en Loma Rincón; al fondo (sur de Peñas Blancas), se nota la continuación de la ignimbrita (círculo y líneas), cerca del camino que baja a Targuasal. C y D: En afloramiento, en el norte de Peñas Blancas, subiendo a Loma Rincón en 462,9E-234,1N (LCRN).....	44
Figura 22. Ignimbrita Peñas Blancas que aflora en los acantilados al oeste del poblado homónimo, subyaciendo a la Fm. Monteverde.....	45
Figura 23. Aspecto varios de la Fm. Monteverde. A: Bloques residuales que aparecen en afloramientos parcialmente meteorizados en la Loma Rincón, al sur de Peñas Blancas, con vista hacia el sur. B y C: Según sus características macroscópicas (roca porfírica) son de composición andesítica. En B se compara con la Ignimbrita Peñas Blancas. D y E: Afloramientos que muestran tobas (D y E paquete estratigráfico intermedio), secciones brechosas (D arriba y abajo) y lahares (E arriba).	46
Figura 24. Cerro La Cruz, formado por rocas de la Fm. Monteverde. A: Panorámica desde el noreste donde se muestra su morfología sobresaliente. B: Detalle geomorfológico desde el sureste. C: Rocas aflorantes en el sector este del cerro.	47
Figura 25. Panorámicas desde la Loma Rincón (~1050 m s.n.m.), hacia el sur. B muestra el detalle occidental, con el límite de las rocas in situ y el depósito de deslizamiento.	48
Figura 26. A: Escarpe (señalado en amarillo), al este de Peñas Blancas, que forma el frente de un lóbulo de deslizamiento frontal, que se extiende hacia el este hasta el río Jabonal, del cual brotan varios nacientes y forman suamos y lagunas. Foto con vista hacia el suroeste, desde las coordenadas 463 369 E-233 258 N (LCRN). B y C: Detalle de las cuencas lacustres transitorias y estacionales.	51
Figura 27. Interpretación tridimensional del deslizamiento de Peñas Blancas según Cascante et al. (2001; figura 20).....	52
Figura 28. A: esquema generalizado del área del deslizamiento de Peñas Blancas (en amarillo) y áreas con inestabilidad de laderas al norte. Se muestran las áreas asociadas con procesos de geodinámica externa. B: Esquema principal visto en la imagen de <i>Google Earth</i> ® a la misma escala.....	53
Figura 29. Interpretación geomorfológica (A) y geológica (B) del área del deslizamiento de Peñas Blancas, a partir del análisis detallado del mapa topográfico y las imágenes satelitales (<i>Google Earth</i> ®). Los perfiles se muestran en la Figura 30.	54

Figura 30. Interpretación de los perfiles.....	55
Figura 31. Inestabilidad de laderas final para el área de Peñas Blancas.....	57
Figura 32. Inestabilidad de laderas, expresada en 3 niveles, para el área de Peñas Blancas.....	58
Figura 33. Altura aproximada del deslizamiento.....	59
Figura 34. Volumen por celta aproximado del deslizamiento.....	60
Figura 35. Exposición a través de UGM, en área de Peñas Blancas.....	62
Figura 36. Rangos de población en segmentos censales en área de interés.....	63
Figura 37. Rangos de población en segmentos censales en área de interés.....	64
Figura 38. Población por rangos de edad, por segmentos censales en área de interés.....	66
Figura 39. Funciones de daño para inestabilidad de laderas en área de interés.....	67
Figura 40. Probabilidad del daño por efecto de la inestabilidad de laderas.....	68
Figura 41. Probabilidad de daño a la vialidad y a la infraestructura, en área de Peñas Blancas.....	69
Figura 42. Probabilidad de daño a la vialidad y a la infraestructura, en área del deslizamiento principal en Peñas Blancas.....	70
Figura 43. Exposición a través del inventario en área de Peñas Blancas.....	72
Figura 44. Sitios inventariados calificados por inestabilidad de laderas, en área de Peñas Blancas.....	73
Figura 45. Divergencia de uso de la tierra para en el área de Peñas Blancas.....	75
Figura 46. Zonificación preliminar recomendada en Peñas Blancas.....	78
Figura 47. Áreas de intervención en Peñas Blancas.....	80
Figura 48. Principios para un sistema de observación, vigilancia, alerta, alarma, advertencia y respuesta (SIVAREC), para enfrentar la materialización de eventos de inestabilidad de laderas, basado en la metodología Mora-Vahrson (Saborío et al., 2018).....	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Zonas de Vida de Holdridge en el área de Peñas Blancas.....	23
Cuadro 2. Pendientes y áreas en el del área del deslizamiento de Peñas Blancas.....	29
Cuadro 3. Áreas de las microcuencas del río Jabonal.....	38
Cuadro 4. Resumen del volumen del deslizamiento.....	61
Cuadro 5. Probabilidades del daño en porcentaje, para intensidades de inestabilidad de laderas.....	67
Cuadro 6. Instituciones que interviene en el área de Peñas Blancas.....	71
Cuadro 7. Resumen de información de inventario en campo.....	71
Cuadro 8. Matriz para determinar la condición de uso de la tierra.....	74
Cuadro 9. Áreas de divergentes en el área Peñas Blancas.....	76
Cuadro 10. Criterios de valoración considerados en el análisis espacial para la determinación de la zonificación propuesta.....	77
Cuadro 11. Estrategia de intervención propuesta.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 3

Figura A3-1. Áreas con deslizamientos y aludes torrenciales en el área de Peñas Blancas.....	93
Figura A3-2. Pendientes, en grados, en el área de Peñas Blancas.....	94
Figura A3-3. Factor de pendientes (Sp) método Mora&Vahrson área de Peña Blancas.....	95
Figura A3-4. Relación de grados pendientes y porcentajes.....	96
Figura A3-5. Determinación de la ecuación entre pendientes en grados y factor Sp.....	96
Figura A3-6. Factor Sp calculado a través de la ecuación deducida.....	97
Figura A3-7. Relieve relativo del cantón de Esparza.....	98
Figura A3-8. Ecuación para reclasificar el relieve relativo al rango de 0 a 5.....	99
Figura A3-9. Factor de relieve relativo (Sr), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas.....	100
Figura A3-10. Factor de relieve relativo (Sp & Sr), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas.....	101
Figura A3-11. Geología del área de Peñas Blancas.....	104
Figura A3-12. Factor litológico (SI) del área de Peñas Blancas.....	105

Figura A3-13. Factor litológico (SI), método Mora&Vahrson, área de Peñas Blancas y su incremento respectivo por influencia de la presencia de fallas tectónicas y de su efecto sobre la calidad geomecánica de los materiales geológicos.	106
Figura A3-14. Precipitación “que infiltra” en el área de Peñas Blancas	107
Figura A3-15. Factor de susceptibilidad por humedad (Sh), método Mora&Vahrson –Peñas Blancas	109
Figura A3-16. Susceptibilidad potencial a deslizamientos (Sp, Sh, SI), en área de Peñas Blancas	110
Figura A3-17. Susceptibilidad potencial a deslizamientos (Sr, Sh, SI), en área de Peñas Blancas	111
Figura A3-18. Susceptibilidad potencial a deslizamientos (Sp&Sr, Sh, SI), en área de Peñas Blancas	112
Figura A3-19. Aceleración pico del terreno, en gales para un período de recurrencia 500 años. Elaboración propia, con base en RESIS II	113
Figura A3-20. Aceleración pico del terreno en gales para un período de recurrencia 1000 años. Elaboración propia con base en RESIS	113
Figura A3-21. Aceleración pico del terreno en gales para un período de recurrencia 2500 años. Elaboración propia con base en RESIS	113
Figura A3-22. Factor de disparo por sismicidad (Ds), para Pr=500 años, método Mora&Vahrson	115
Figura A3-23. Factor de disparo por sismicidad (Ds), para Pr=1000 años, método Mora&Vahrson	115
Figura A3-24. Factor de disparo por sismicidad (Ds), para Pr=2500 años, método Mora&Vahrson	115
Figura A3-25. Factor de disparo derivado de intensidad de las lluvias (Dp); método Mora&Vahrson	117
Figura A3-26. Factor de disparo (Dp100-24, Ds500), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas	119
Figura A3-27. Factor de disparo (Dp100-24, Ds1000), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas	119
Figura A3-28. Factor de disparo (Dp100-24, Ds2500), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas	119
Figura A3-29. Factor de disparo (Dp=5, 24, Ds1000), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas.....	120
Figura A3-30. Ecuación para reclasifica la inestabilidad de laderas	121
Figura A3-31. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp, y Ds=500 y Dp24, 100.	122
Figura A3-32. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sr, y Ds=500 y Dp24, 100.	122
Figura A3-33. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp&Sr, y Ds=500 y Dp24, 100	122
Figura A3-34. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp, y Ds=500 y Dp24, 100.	123
Figura A3-35. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp, y Ds=1000 y Dp24, 100.	123
Figura A3-36. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp, y Ds=2500 y Dp24, 100.	123

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 3

Cuadro A3-1. Valores para obtener el factor SP, a partir de las pendientes en grados	95
Cuadro A3-2. Valores para obtener el factor Sr, a partir del relieve relavo (m /-Ha).....	99
Cuadro A3-3. Clasificación del factor SI para Peñas Blancas.....	102
Cuadro A3-4. Influencia de las fallas tectónicas, con su valor asignado y área buffer respectiva .	106
Cuadro A3-5. Valores del factor de humedad en función de la precipitación que infiltra	108
Cuadro A3-6. Aceleración pico del terreno (PGA), valores del factor de influencia de la intensidad sísmica (Ds) y su calificación.	114
Cuadro A3-7. Potencial sísmico de fallas con su valor asignado y área buffer respectiva	114
Cuadro A3-8. Calificación de la influencia de la intensidad de la precipitación máxima de 24 horas, para Tr= 100 años	116
Cuadro A3-9. Reclasificación de los valores de la amenaza de la inestabilidad de laderas.....	121

SIGLAS

ADI	Asociaciones de Desarrollo Integral
ASADAS	Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes}
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
AyA (ICAA)	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CAC	Centro Agrícola Cantonal
CB	Corredores Biológicos
CNE	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
CDB	Convención sobre Diversidad Biológica
CR	Cruz Roja
COE	Centro de operaciones de emergencias
EBAIS	Equipos Básicos de Atención Integral en Salud
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
INDER	Instituto de Desarrollo Rural
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEP	Ministerio de Educación Pública
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MSP	Ministerio de Seguridad Pública
MS	Ministerio de Salud
OVSICORI	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
ONGs	Organismos no gubernamentales
PNUD	Programa de Naciones Unidas
PSA	Programa de Servicios Ambientales
RSN	Red Sismológica Nacional
SIVAREC	Sistema comunitario de vigilancia, advertencia, respuesta y continuidad operativa
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UGM	Unidad Geo-estadística Mínima
ZMT	Zona Marítimo Terrestre

Presentación

Este informe presenta la metodología y los resultados de la consultoría solicitada por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), cuyo objetivo principal es el “desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas del Deslizamiento de Peñas Blancas, Esparza”. Se busca, con ello, generar y aplicar procesos sostenibles para la gestión del riesgo, y de diseñar un sistema de alerta, alarma y respuesta para enfrentar los episodios de la inestabilidad de las laderas”.

Dado que se han incluido la modelación de la inestabilidad de las laderas, el informe se inicia con el marco lógico que se utilizará en los análisis; y la metodología que, para que sea replicada cuando se disponga de los datos e información hidro-climática, que en la actualidad no existe.

Fue recolectada la información disponible, relacionada a las amenazas de la inestabilidad de laderas y que incluye el uso de una nueva cartografía (IGN: RN, 2017), e información de los estudios realizados por la Municipalidad de Esparza, del Plan Regulador (2017) y de Oikologica (2017). Adicionalmente y dado que el área está sujeta a un Plan de Manejo por parte del SINAC, se incluye información sobre el mismo.

El análisis se llevó a cabo con énfasis en el diagnóstico inicial de la amenaza de la inestabilidad de laderas materializada en la región y que ha generado diversos eventos derivados de la intensidad de las lluvias y sismos, particularmente en donde se ha asentado la población de Peñas Blancas y con la incidencia sobre la infraestructura, el desarrollo y su economía.

Se incluyen un modelo analítico y heurístico para determinar la amenaza de la inestabilidad de laderas y que permite modelar escenarios para diferentes períodos de recurrencia, en este caso, para las lluvias (100 años) y de la sismicidad (i.e. 500, 1000, 2500 años).

Lo anterior se ha realizado con el objetivo de contar con los criterios respectivos para apoyar la planificación del desarrollo sostenible y para mejorar la resiliencia en las áreas expuestas a la amenaza respectiva. También, se pretende ofrecer las bases para avanzar hacia la puesta en marcha de los procesos para mejorar el conocimiento, la comunicación y la reducción del riesgo, la protección económica y social, la gestión de las emergencias y desastres y la implantación de un sistema integrado de alerta, alarma y respuesta.

Resumen

El área de estudio, denominando Peñas Blancas, por la población afectada del mismo nombre, se encuentra en la parte alta del cantón de Esparza, en la cuenca del río Jabonal y la comunidad del mismo nombre, en donde la CNE, desde 1995, identificó un deslizamiento de dimensiones considerables que afecta a los habitantes, la infraestructura, los medios de subsistencia y la producción de bienes y servicios en el lugar.

La mayor parte del área afectada fue declarada Zona Protectora, por lo que el SINAC-MINAE debe establecer un Plan de Manejo de Vida Silvestre, por lo que este estudio debiera utilizarse como insumo al mismo.

A partir de los términos de referencia se realiza un análisis progresivo de la información relevante para comprender el proceso de inestabilidad de laderas, que incluye visitas al área, por el equipo de especialistas, la obtención de información secundaria existente, el analizar el clima desde varias perspectivas: zonas de vida de Holdridge, balance hídrico, lluvia que infiltra, actualización del uso de la tierra y mejora en la capacidad del uso, y proponer una nueva geología con base en estudios existentes, con mecanismos de disparo de lluvia y de sismicidad para el área, que define las áreas inestables. Centrándose en la afectación a la población, se hace un análisis de vulnerabilidad a nivel de viviendas-infraestructura, que conlleva a las recomendaciones.

Al conocer espacialmente la amenaza del evento, las zonas vulnerables y de ahí los niveles de riesgo, se presentan algunas medidas de tipo político y herramientas de la planificación que se pueden utilizar con el fin de disminuir la vulnerabilidad.

Las instituciones públicas pueden hacer cumplir las medidas reguladoras, así como controlar los usos de la tierra. Otro enfoque lo constituye la creación de incentivos económicos, mediante los cuales se anima a los involucrados a invertir en procesos de gestión ambiental.

Por estar inmerso el área de Peñas Blancas en un Área Protegida, le corresponde al SINAC el realizar un Plan de Manejo de la misma. Por lo que además se ha preparado una base de datos que permita incorporar no solo el riego, y las divergencias de uso de la tierra, en pos de la conservación fomentando un desarrollo ecologista del área que posee un atractivo climático y de flora y fauna que asegura un desarrollo efectivo del turismo ecológico con fines de esparcimiento y de investigación.

1. Introducción

En el historial del efecto e impacto derivado de los eventos generadores de desastres en el país, se observa que una proporción elevada se deriva de la incidencia (fallecidos y daños a la infraestructura, medios de subsistencia y economía) están relacionados con el efecto directo o indirecto de la inestabilidad de laderas (Ver, en la bibliografía, las referencias respectivas).

Según la CNE, s.f., como consecuencia de los eventos de los sismos de Cinchona (2008), Limón (1991), la Tormenta Tropical Nate (2017), la mayor cantidad de daños y pérdidas están relacionadas, de manera directa o indirecta, a la incidencia de la inestabilidad de laderas, en diferentes sectores del país.

Costa Rica, cuenta con condiciones que lo hacen vulnerable a la incidencia de estos procesos de inestabilidad de laderas, sea disparados por lluvias intensas o sismos y además, acelerados por la actividad humana.

El crecimiento urbano desordenado, en áreas frágiles y con exposición a las amenazas, ha generado una presión intensa por el uso y ocupación en diferentes grados, en terrenos con una exposición a los deslizamientos.

Desde 1995, el Geol. Julio Madrigal, mencionó el área de Peñas Blancas, drenada por el río Jabonal, afluente del río Barranca, como un sitio de elevada inestabilidad, con una tasa de movimiento importante (INFORME DPM- INF-012-95). En esa fecha señaló que el terreno inestable comprende alrededor de 250 hectáreas y sobre el cual está asentada casi toda la población de Peñas Blancas.

- a. Posteriormente, en el informe CNE-UIAR-INF-0609-2019, el Geol. Madrigal, apuntó lo siguiente: “a) las características geológicas de la región y la elevada precipitación, son factores que han contribuido a grandes desplazamientos de material caso del deslizamiento de Peñas Blancas, donde se asentó un poblado completo dentro del área inestable”, y continua con una descripción geológica.
- b. “Las unidades geológicas locales están compuestas, por brechas volcánicas y secuencias de lavas y brechas cubiertas por depósitos de tobas y cenizas. Se encuentran lahares y depósitos recientes de coluvios, generados de deslizamientos del área, depósitos lacustres y aluviones. Estas unidades geológicas locales son de carácter informal y han sido denominadas, de la más antigua a la más reciente, como: Unidad de brechas volcánicas Carrera Buena, Unidad brechas y lavas Castro, relacionadas con la Formación Aguacate, Unidad flujo pumítico Peñas Blancas, Unidad tobas y cenizas Zapotal, Unidad de lahares, relacionadas con la Formación Monteverde y depósitos recientes, (Fuente R. Cascante et al, 2001, UCR)”.

- C. De acuerdo con las observaciones de campo y con las características geomorfológicas, existió la posibilidad que parte de una ladera se desprendió bruscamente, cuando el área aún no había sido colonizada, además, de que la localidad por las condiciones topográficas y al difícil acceso al área fue siendo lentamente poblada, donde las primeras familias construyeron sus casas en las cercanías de algunas quebradas o arroyos.

Según Madrigal, “posiblemente, debido a las condiciones del terreno, tipo de material (bloques de rocas volcánicas), agrietamientos, hundimientos y desplazamientos se empezaron a evidenciar algunas construcciones de la localidad; además, las quebradas y arroyos, durante la estación de invierno son muy caudalosos por las elevadas precipitaciones y las condiciones topográficas de la cuenca.

La situación geográfica de la cuenca del río Jabonal, hace que la misma esté sometida a una variabilidad climática importante y está expuesta al efecto e impacto indirecto por huracanes y tormentas tropicales. Esta situación, a su vez, se agrava por la presión que ejerce la sociedad al ubicarse en áreas expuestas a la amenaza de la inestabilidad de laderas.

Objetivos de los términos de referencia. Con respecto al análisis de la amenaza de la inestabilidad de laderas los términos de referencia señalan su análisis desde el punto de vista del riesgo, dentro del área de interés. La Comisión Nacional de Emergencias señala: “Estos antecedentes, demuestran con mucha claridad el alto grado de exposición de la población, las actividades agrícolas e infraestructura pública a la inestabilidad de las laderas que se presentan en el sector, lo que fija el enfoque principal de este estudio, que es provocado por sismos y por la acción de las lluvias intensas”.

Gran parte del riesgo puede reducirse por medio de una planificación apropiada, incluyendo la gestión ambiental y territorial del área. Por otra parte, debe tomarse en cuenta que la instalación de un sistema de alerta, alarma y respuesta, si bien ofrece la posibilidad de reaccionar ordenadamente en el momento del evento, los daños y pérdidas sobre los bienes y personas seguirán produciéndose.

El enfoque moderno de la planificación de los usos de la tierra y del manejo de los recursos naturales, especialmente el manejo de las cuencas hidrográficas, desempeña un papel fundamental en la gestión del riesgo.

Parte de la comunidad de Peñas Blancas está asentada sobre una topografía semiplana, rodeada de laderas de pendiente elevada, a veces sub-verticales, con contrastes intensos y notorios, principalmente al oeste de la población.

Las personas beneficiadas, con este estudio son, en primera instancia los pobladores de Peñas Blancas, esto es, la comunidad del mismo nombre, además la de los lugares aledaños

2. Objetivo general

El objetivo general de este análisis es el de llevar a cabo un análisis preliminar del riesgo derivado de la inestabilidad de laderas en la localidad de Peñas Blancas, con el fin de apoyar la toma de decisiones en cuanto a la seguridad y calidad de vida de la población local, sus medios de subsistencia, la infraestructura y la producción de bienes y servicios.

El área posee dos declaraciones como “zona protectora” por lo que está sujeta a la jurisdicción administrativa y territorial del SINAC quien además, realiza un Plan de Manejo.

Se pretende así, realizar un estudio para determinar, en primera instancia, la amenaza de la inestabilidad de las laderas, y la exposición en el área de Peñas Blancas y ofrecer las recomendaciones pertinentes para realizar la gestión del riesgo desde el punto de vista del ordenamiento territorial y del manejo de la Cuenca Hidrográfica, a escala base 1:5.000, con información temática digital auxiliar, a diferentes escalas.

3. Productos

Los productos solicitados por la CNE se refieren a: 1) Caracterización de la amenaza, 2) Exposición y vulnerabilidad en el área afectada, c) Medidas para la gestión del riesgo, incluido un posible sistema de vigilancia alerta, alarma y respuesta.

3.1. Caracterización de la amenaza de la inestabilidad de laderas

1. Áreas susceptibles a la inestabilidad de laderas, tanto en la localidad de Peñas Blancas, como sectores de influencia indirecta, obtenidas por medio de una metodología para zonas tropicales que integre al menos los siguientes aspectos:
 - a. Tipo de suelo
 - b. Topografía
 - c. Marco geológico
 - d. Pendientes
 - e. Factores de disparo (lluvias, actividad sísmica).
 - f. Datos históricos y comparación con la memoria histórica de la comunidad.
2. Posibles medidas de intervención (estructurales y no estructurales) tanto en el ámbito local (comunitario y municipal) y nacional (instancias del Sistema Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias).
3. Análisis preliminar de los umbrales, a partir de los parámetros hidrometeorológicos y sísmicos, de reactivación de las laderas inestables.
4. Propuesta para el uso sostenible de la tierra en el entorno del deslizamiento, a una escala de 1:25000
5. Propuesta para un cronograma de acciones, a un plazo de 5 años, para la implantación de las medidas para la gestión del riesgo, tanto en el plano local (municipal), como nacional.

3.2. Caracterización de la vulnerabilidad y medidas de intervención. Establecimiento de una línea de base que integre, al menos, los siguientes aspectos.

- 1) Uso actual de la tierra y capacidad de uso, conflictos del uso.
- 2) Registro de eventos críticos vinculados a la inestabilidad de laderas. Deben incluirse: cronología, localidades afectadas, número de personas afectadas, número de viviendas afectadas y mapa de impacto. El rango de escala será 1:25.000 o menos, dependiendo de la información cartográfica existente.
- 3) Composición etaria de la población en el área de amenaza y distribución (datos estadísticos y distribución geográfica de la población, así como la nomenclatura del lugar, toponimia).
- 4) Inventario de las principales organizaciones sociales del área de análisis, año de creación, forma de administración, áreas de acción social actual, número de miembros, tipo de relaciones o vínculos con la municipalidad, proyectos, programas o acciones vigentes en la temática ambiental, educación, protección de cuencas, organización para emergencias, vigilancia de amenazas, formas de obtención de recursos, humanos y materiales y cualquier otra información que se considere necesaria.
- 5) Descripción de las actividades económicas principales en el entorno del sitio donde se presenta el deslizamiento.
- 6) Identificación y señalamiento de la infraestructura vulnerable ante la amenaza por deslizamiento.
- 7) Análisis de la percepción comunal de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo derivado de la inestabilidad de laderas, según los actores claves de la comunidad (entrevistas, talleres)
 - a. Mapas de percepción, memoria histórica (respaldada con documentos).
 - b. Conclusiones, en donde se integra toda la información histórica y la percepción del riesgo.
- 8) Aspectos positivos y negativos identificados con los siguientes ejes:
 - a. Degradación ambiental
 - b. Emergencias y desastres
 - c. Trámites de construcción – plan regulador
 - d. Salud - educación
- 9) Escenarios de intervención del Gobierno y de la Municipalidad, sobre las causas, efectos para reducir el riesgo al deslizamiento.
- 10) Opciones validadas con las comunidades para la transferencia del riesgo (seguros y otros).
- 11) Propuesta para incorporar la información generada en el plan regulador del cantón.
- 12) Propuesta de una estrategia de intervención, a cinco años plazo, con las comunidades priorizadas, identificando responsables y medidas a implantar

C. Diseño del sistema de vigilancia y alerta temprana del deslizamiento

- 1) Vigilancia hidrometeorológica
- 2) Propuesta de medición de desplazamientos del terreno
- 3) Propuesta de capacitación y preparación a la población
- 4) Diseño de alertas, alarmas y protocolos de respuesta

4. Metodología

El concepto y análisis del riesgo se entiende como una evaluación cognoscitiva de las pérdidas que pueden ocurrirle a un elemento expuesto, de acuerdo con sus características, su situación y contexto particular, de tiempo y de espacio.

La fase siguiente consiste la de proponer y considerar un modelo preliminar de reordenamiento territorial, con énfasis en la prevención, en el que se considere al riesgo como una función de la amenaza y de la vulnerabilidad, esto es, $R = f(A, V)$, en donde:

R = Riesgo ante una amenaza y según los factores de la vulnerabilidad.

V = Vulnerabilidad, es decir, los grados de exposición y fragilidad, valor económico, potencial de daño a la vida humana y al ambiente; esto es el impacto de la amenaza sobre la vida humana y el ambiente.

A = Amenaza de la inestabilidad de laderas, con y sin la intervención humana.

Si se piensa en “*el riesgo como proceso*”, se trata de situaciones complejas que se construyen social e históricamente y se materializan en un territorio.

Si la solución es la “*gestión del riesgo, como continuo*” se trata de los pilares fundamentales diferenciados:

- Identificación y comunicación del riesgo:
 - Conocimiento, percepción, medición y evaluación de las amenazas y vulnerabilidad; distribución espacial y temporal de su intensidad; factores agravantes e incertidumbre de las estimaciones.
 - Transferencia de información para asistir el proceso de toma de decisiones políticas, empresariales y comunales, la educación y la ciencia.
- Reducción del riesgo:
 - Acciones y medidas de: i) prevención, ii) mitigación y iii) adaptación, para disminuir los factores que causan o intensifican los daños.
 - Medidas estructurales y/o no-estructurales, según su relación de costo/beneficio, para reducir la vulnerabilidad, pues no siempre es posible reducir las amenazas.
- Financiamiento del riesgo:
 - Instrumentos para reducir el impacto económico de las crisis. Se diseñan “*ex-ante*”, según los umbrales del riesgo “*aceptado*” vs. “*aceptable*”.
 - a. *Retención* (manejo del presupuesto fiscal, fondos de emergencia y contingencia, provisiones, reservas)
 - b. *Transferencia* hacia otros actores y plazos más largos (seguros, reaseguros, créditos, endeudamiento contingente, colocaciones en el mercado de valores)
 - c. Cuantificación y cobertura del *riesgo “residual”*.
- Gestión de emergencias y desastres:
 - Instrumentos y acciones preparadas y articuladas “*ex-ante*”; planes, protocolos y preparación:
 - i. Observación, vigilancia
 - ii. Alerta, alarma, advertencia, respuesta
 - iii. Rehabilitación, continuidad operativa y funcional, recuperación; para enfrentar las crisis y evitar reproducir los factores previos de la vulnerabilidad

Desde la perspectiva de la planificación y del manejo de cuencas hidrográficas, como parte del proceso de ordenamiento territorial, pueden integrarse los elementos de la reducción del riesgo, dentro de las medidas “no-estructurales”.

A partir de la definición del riesgo, se diferencian, analíticamente, 4 dimensiones irreductibles:

- a) Amenaza o peligrosidad potencial (distribución espacial y temporal de su intensidad)
- b) Grado de exposición de los elementos vulnerables
- c) Valoración social y económica de los elementos expuestos a la pérdida
- d) Incertidumbres y contextos sobre los que se toman las decisiones

A pesar de que existen modelos de análisis, al final privan los criterios del especialista frente a las variantes con que se materializa, en cada sitio, la amenaza analizada, con lo que debe escogerse el mejor modelo y adaptarlo, según sea el caso y para contar con el escenario más realista posible para apoyar la toma de decisiones.

Un diagnóstico cuali - cuantitativo del riesgo permite identificar las heterogeneidades del área involucrada y en consecuencia, realizar aportes concretos diferenciales para su gestión y para contar con información de consulta directa y para tomar medidas diversificadas, según las características, necesidades y posibilidades de los distintos grupos sociales en el área bajo análisis.

Deben considerarse todas las circunstancias de origen natural, necesarias para el diagnóstico del riesgo: condiciones geológicas, condiciones hidrometeorológicas, situación social y económica, etc.

Por estas razones, el incorporar la evolución del riesgo en los planes de manejo de las cuencas hidrográficas coadyuva a mejorar el proceso de toma de decisiones, en beneficio del ambiente, las comunidades y el aprovechamiento racional de los recursos naturales. , más aún, en opinión de Saborío, J. (2002), El análisis de riesgo, a las escalas adecuadas, se convierte en una metodología apta para realizar un ordenamiento territorial más realista.

4.1 Caracterización del riesgo

En este apartado se han seguido los términos de referencia indicados por la CNE; dado que algunos de ellos son de tipo general, se adaptarán al área de estudio. La caracterización del riesgo se inicia con la caracterización de la amenaza, luego de la exposición y la vulnerabilidad y concluye con la propuesta de las medidas factibles de intervención (estructurales y no estructurales) tanto en el ámbito local (comunidad y municipal), como en el nacional (instancias del Sistema Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias). Los insumos de este proceso serán beneficiosos, también, para el Plan de Manejo de Áreas Silvestres Protegidas, que ostenta el territorio de Peñas Blanca.

Se debe indicar que el análisis se circunscribe al área de estudio; sin embargo, los aspectos organizacionales e institucionales trascienden al área de análisis, dado que el área es regentada por el SINAC, con el soporte municipal en cuanto a servicios de parte de la Municipalidad de Esparza, y otras instituciones, quien apoyaría el Plan de Manejo del Área Silvestre, que se proponga.

4.2 Metodología para el análisis de la amenaza de la inestabilidad de laderas

La amenaza de la inestabilidad de laderas se ha modelado en Costa Rica mediante la metodología Mora & Vahrson (1993, 2012), la cual considera la litología, humedad del suelo y relieve relativo como la susceptibilidad del terreno, e incluye la intensidad de la lluvia y la sismicidad como factores de disparo.

Enfoque técnico. Incluye las siguientes etapas:

- a. Identificación de la amenaza de la inestabilidad de laderas en el área de interés, a partir de las bases de datos existentes, con cartografía actualizada en el ámbito local.
- b. Realización de mapas de los factores que caracterizan la amenaza (susceptibilidad y disparo) siguiendo los criterios de a) confiabilidad de la información, b) exactitud de la información, e) limitaciones de la información, f) utilidad de la información, g) integración de la información.

4.2.1 Amenaza de la inestabilidad de laderas

La amenaza de la inestabilidad de laderas, se estimó mediante el método “Determinación de la amenaza de deslizamientos en grandes áreas y utilizando indicadores morfodinámicos de Mora – Vahrson” (1992), modificada por Mora-Saborío (2014, 2015) y en este caso con una actualización de la aplicación de la misma a nivel de cantón por ser el estudio piloto de MECSA-POT, SETENA (Oikológica), 2017.

Este método permite desarrollar una aproximación del grado de la amenaza de la inestabilidad de laderas, para el área de estudio y de los eventos naturales que influyen mayormente esta condición. En este apartado se presenta un resumen del método, incluyendo la presentación de los parámetros utilizados.

Descripción de la metodología. Este método se aplica mediante la combinación de varios parámetros y factores. Estos se obtienen de la observación de indicadores morfodinámicos y de su distribución espacio-temporal. La combinación de los factores se realiza considerando que la inestabilidad de laderas se produce cuando, en una determinada ladera, compuesta por una determinada litología, con un cierto grado de humedad y con cierta pendiente, adquiere un grado de susceptibilidad. Bajo estas condiciones los factores externos y dinámicos, como la sismicidad y las lluvias intensas actúan como elementos de disparo que destruyen los equilibrios existentes. Es así como se considera que el grado de la amenaza es el producto de la susceptibilidad y de la acción de los elementos de disparo (Mora - Vahrson, 1992). Dada la escala a la que se aplica el método, este no es sustituto de los análisis geotécnicos específicos y, más bien, es un instrumento de diagnóstico que señala, con cierto grado de precisión, las áreas bajo amenaza de deslizamiento, que por lo tanto requerirán del análisis geotécnico posterior para resolver el problema identificado.

Cada factor define un índice de influencia para determinado sitio y con él, al combinarse de acuerdo a su peso específico ponderado, permite obtener un valor relativo de la amenaza.

Factores de susceptibilidad

Son aquellos que, intrínsecamente, forman parte de las propiedades y comportamiento del medio, es decir, que constituyen los elementos pasivos. Tal es el caso de la pendiente del terreno, su constitución litológica y las condiciones usuales de su humedad natural y prevalente.

Factores de disparo

Son los que inducen, desde el exterior, hacia un comportamiento dinámico activo que, a partir de las condiciones iniciales generarán, con mayor o menor intensidad, los procesos decisivos de movilización. Se trata de la intensidad de los sismos y de las lluvias.

Combinación de los indicadores. Para cada uno de los parámetros se define un peso relativo y específico propio y se pondera su grado de influencia. La combinación de los pesos relativos puede realizarse por medio de una ecuación empírica sencilla

$$Ad = Susc * Disp \quad (1)$$

En donde:

- Ad = Amenaza de la inestabilidad de laderas
- Susc = Parámetros de susceptibilidad
- Disp = Parámetros de disparo

Esta ecuación nace de la combinación de los factores de susceptibilidad y de disparo, los cuales se describen a continuación.

$$Susc = Sp * SI * Sh \quad (2)$$

En donde:

- Sp= Índice de influencia de la pendiente (alternativamente Sr, respecto al relieve relativo)
- SI= Índice de influencia de la litología
- Sh= Índice de influencia de la humedad prevalente del terreno

$$Disp = Ds + Dp \quad (3)$$

En donde:

- Ds = Índice de influencia de la intensidad sísmica
- Dp = Índice de influencia de la intensidad de las lluvias

Finalmente, la ecuación se puede separar, en todos sus componentes, de la siguiente manera.

$$Ad = (Sp * SI * Sh) * (Dp + Ds) \quad (4)$$

La ecuación (4) puede considerarse como una situación extrema (Un sismo intenso durante la estación lluviosa).

También puede separarse en sus dos escenarios individuales:

- $Ad = (Sp * SI * Sh) * Dp$, en el caso de un escenario de lluvias intensas, sin sismo
- $AD = (Sp * SI * Sh) * Ds$, en el caso de un sismo, durante la estación seca.

La combinación de valores y su cartografía, se realiza en forma digital, por medio de un Sistema de Información Geográfica. Se debe aclarar que la amenaza de la inestabilidad de laderas puede presentarse con una variedad grande de diferentes formas: deslizamientos traslacionales, sobre superficies planas de suelos y rocas, deslizamientos rotacionales sobre superficies cóncavas hacia arriba, caída de bloques de roca, aludes torrenciales y otros.

4.2.2 Factores de la amenaza

Siguiendo el esquema mostrado en la Figura 1, se describirán los pasos seguidos en la obtención de los mapas de susceptibilidad y disparo que configuran la amenaza a la inestabilidad de laderas del área de análisis, en Peñas Blancas de Esparza.

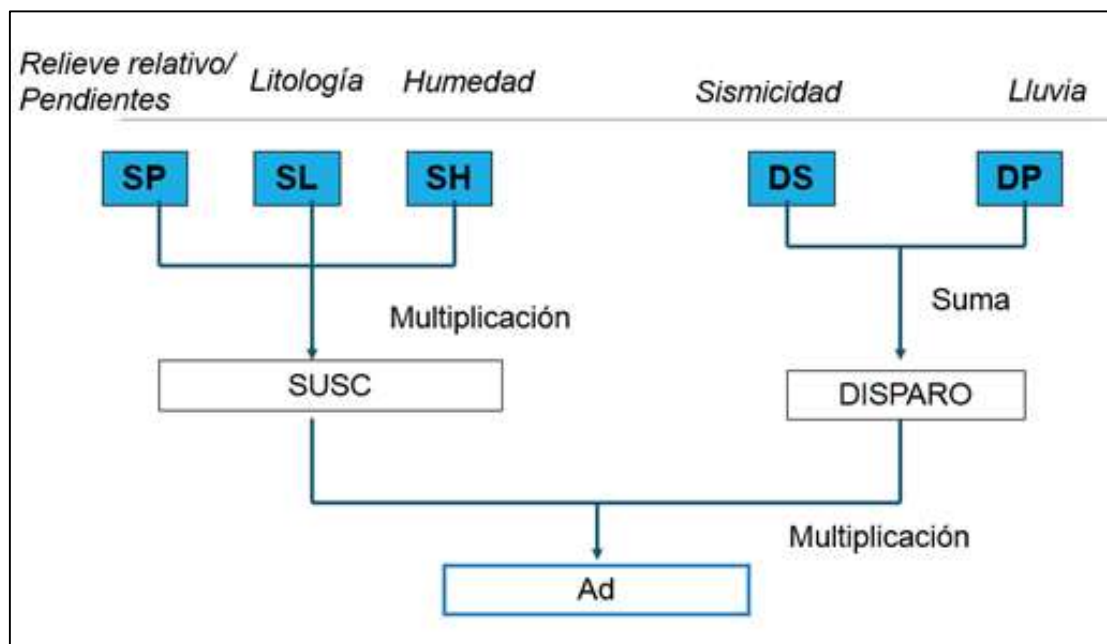


Figura 1. Esquema del proceso Mora & Vahrson

Fuente: Oikológica-Ecoplan, 2017, con base al modelo Mora&Vahrson

5. Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica dentro de la hoja topográfica Miramar, entre las coordenadas Lambert Costa Rica Norte 460000 - 234000 / 465000 - 234000 / 460000 - 229000 / 465000-229000, y abarca las localidades de Peñas Blancas, Rincón Chaves, La Laguna, Sabana Bonita y Cerrillos, todas pertenecientes al distrito N° 5: San Jerónimo del cantón N° 2 Esparza de la provincia de Puntarenas. En la Figura 1, se muestra el área del deslizamiento sobre las hojas topográficas 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se ha delimitado el área del deslizamiento, suministrada por la CNE. Como se verá más adelante, esta área fue redefinida durante este estudio.

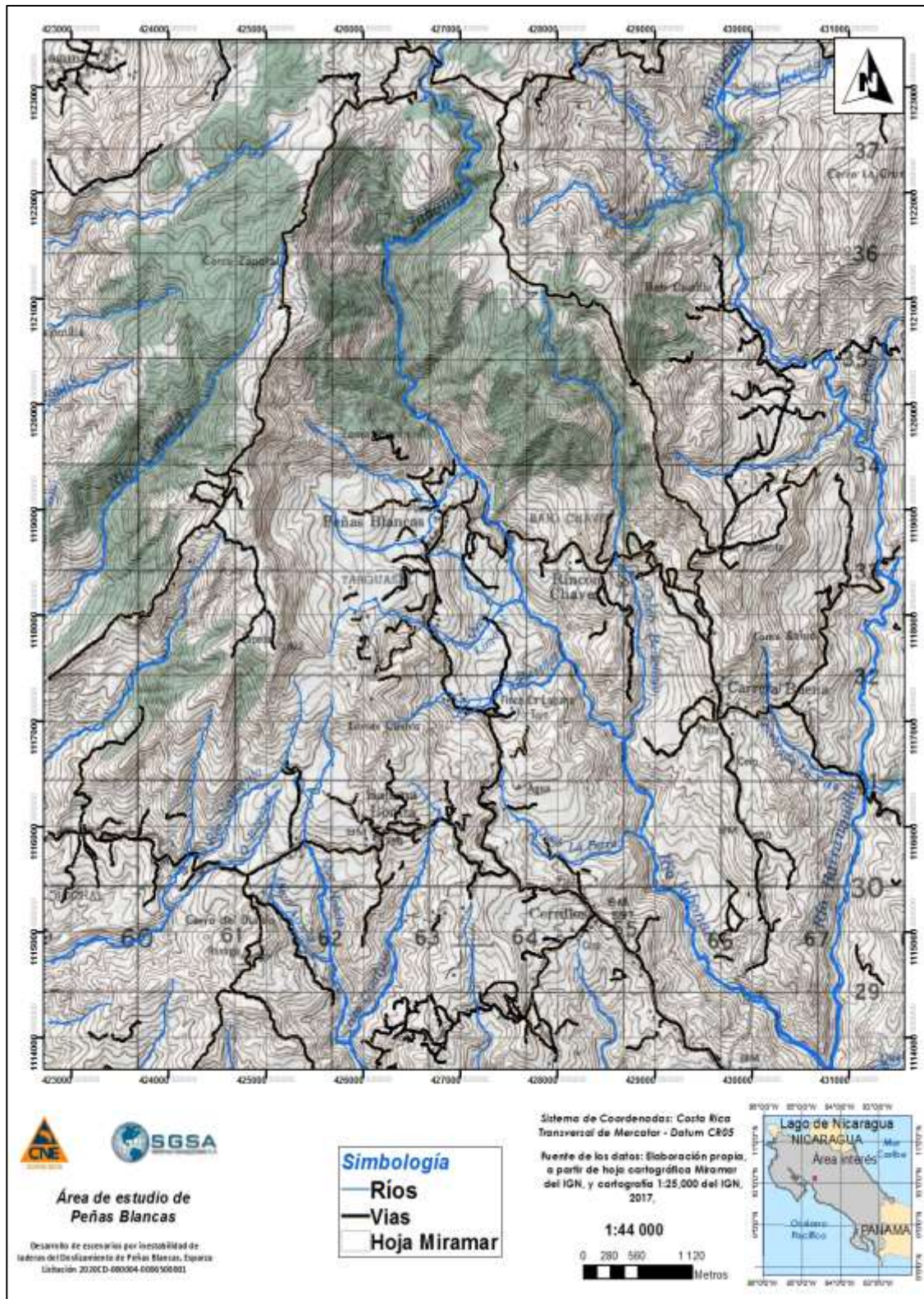


Figura 2. Ubicación del área de interés
 Elaboración propia con base en cartografía IGN

5.1. División político administrativa

El área de estudio se encuentra dentro de la jurisdicción de tres cantones, en la Figura 3, en donde también se muestra el área del deslizamiento delimitado por la CNE, además de los cantones involucrados, donde el impacto mayor, según se indica en los términos de referencia, es en el cantón de Esparza.

5.2. Áreas de Conservación – Áreas Silvestres Protegidas y Corredores Biológicos.

El área de análisis forma parte de las Áreas de Conservación Pacífico Central (ACOPAC) y del Área de Conservación de la Cordillera (ACC), en las áreas se han instaurado dos Corredores Bilógicos llamados Montes del Aguacate del ACC, y el Corredor Biológico OSREO, de ACOPAC. También existe un Refugio de Vida Silvestre llamado Peñas Blancas y una Zona Protectora llamada Montes de Oro. En la Figura 4, se muestran las áreas protegidas y los corredores.

Debido al estatus doble que ostenta el área entre la Zona Protectora y el Refugio de Vida Silvestre, es conveniente revisar el aspecto legal que conllevan estas declaraciones y que otorgan la jurisdicción administrativa al SINAC. Por la fecha de creación se supone rige el más actualizado y que comprende la mayor área.

En la Ley No. 7018 Art. 28 del 13-12-1985 se crea Refugio Nacional de Vida Silvestre Peñas Blancas, que se encuentra dentro de la Zona Protectora Montes de Oro, en el Cantón de Miramar, Provincia de Puntarenas. Este refugio fue creado para proteger las nacientes de numerosos ríos y preservar e incrementar la vida silvestre.

La Zona Protectora Montes de Oro, se crea por medio del Decreto Ejecutivo N° 29393-MINAE, Alcance N° 34, de *La Gaceta* N° 92 del 15 de mayo del 2001, dando énfasis en la protección del recurso hídrico, la protección del bosque primario, las áreas de recarga y la protección de la biodiversidad. En el Anexo 1 se incluye el decreto de su creación. Ese texto contiene la descripción biofísica del área y su contexto.

Es importante indicar la definición de esta zona protectora por parte del gobierno:

“El Estado crea las denominadas zonas protectoras, las cuales vienen a constituir áreas boscosas o de aptitud forestal en que la conservación del bosque y la conservación de los terrenos forestales, está inspirada en propósitos de protección de suelos, o de mantener y regular el régimen hidrológico, el clima, el medio ambiente. Son aptas para la protección de los suelos, por cuanto las raíces de los árboles sujetan y retienen la capa vegetal y las hojas que de ella caen cubren el suelo por donde corre el agua y evita el arrastre de partículas de tierra, es decir detienen o por lo menos disminuyen el proceso de erosión, el cual acarrea consigo el desequilibrio nutritivo del suelo al arrastrar nutrientes importantes de la tierra, necesarios para el crecimiento de las plantas. Las zonas protectoras juegan un papel preponderante en el equilibrio del medio ambiente entendido este como el conjunto de cosas que rodean al individuo tales como: clima, suelo, luz, viento, lluvia, alimentación, frío, calor, hábitat, etc. y en el equilibrio del ecosistema por la relación de intercambio que se da entre la parte viviente de la naturaleza y la parte inerte de la misma. De ahí que deba protegerse el suelo, la regulación del régimen hidrológico, la conservación del ambiente, y la de las cuencas hidrográficas.” (Voto No. 2988-99 de 11 horas 57 minutos del 23 de abril de 1999)”.

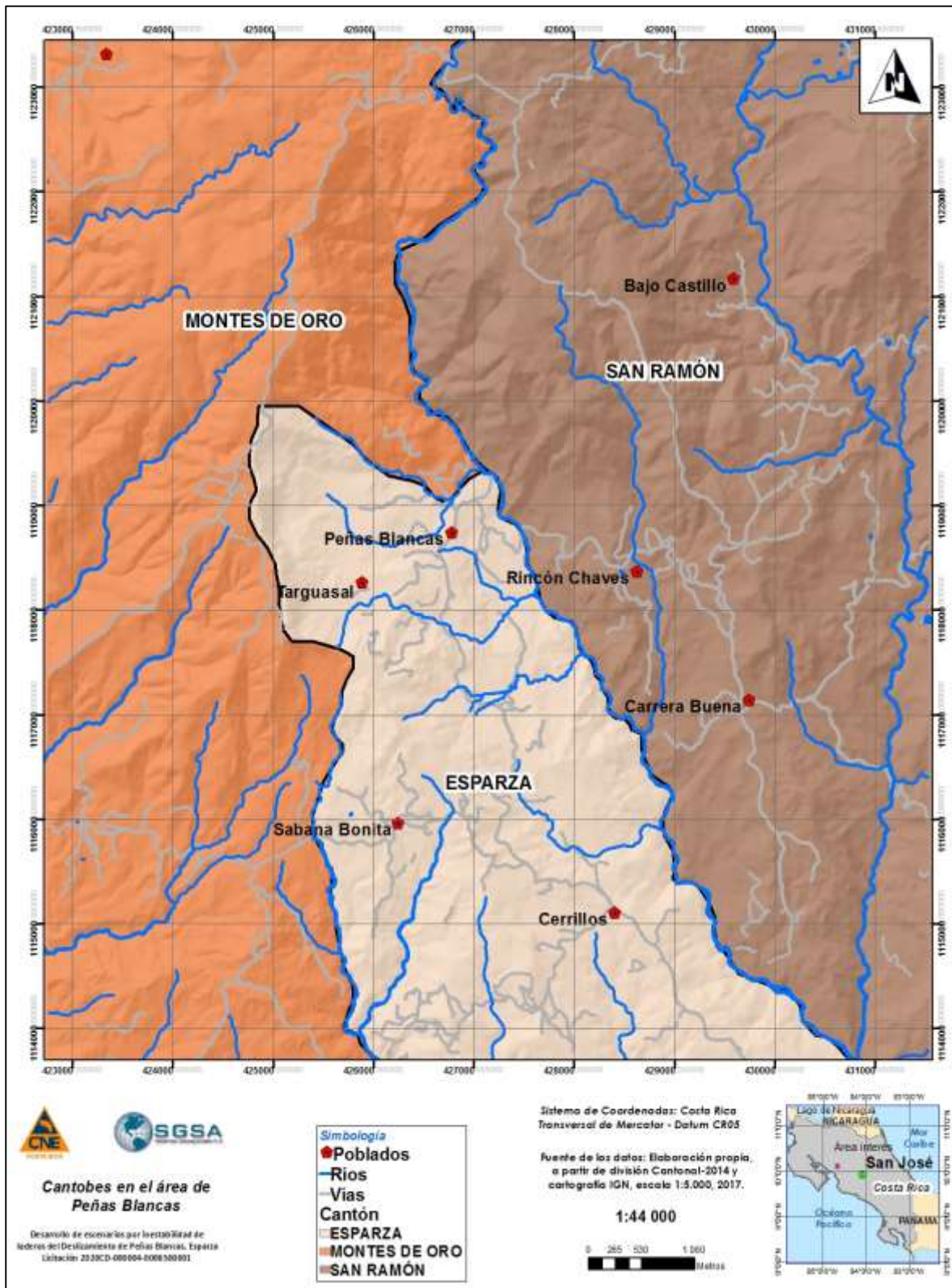


Figura 3. Cantones en el área de análisis de Peñas Blancas
Fuente: elaboración propia con base en cartografía IGN

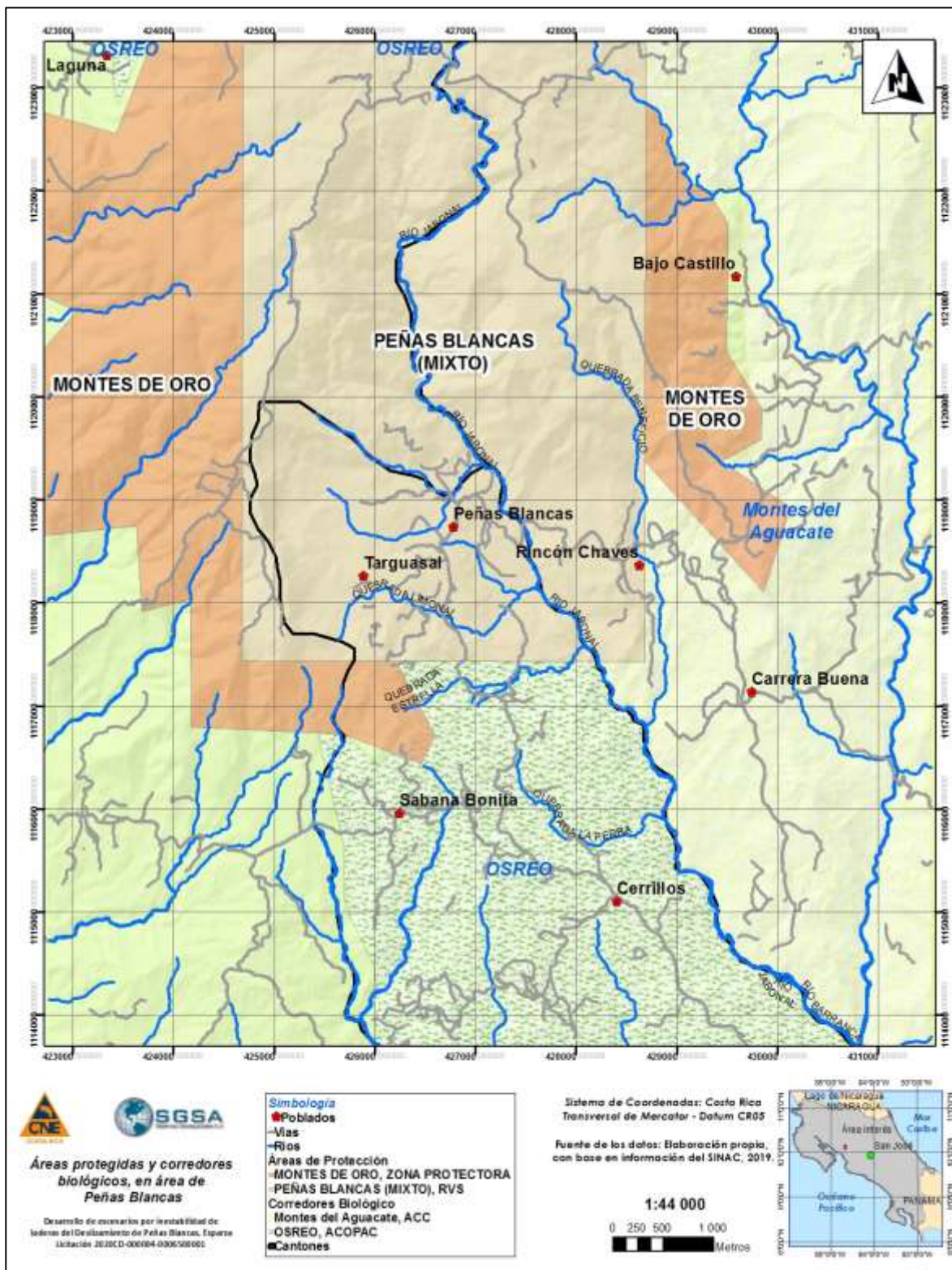


Figura 4. Áreas protegidas y corredores biológicos en área de análisis de Peñas Blancas
Fuente: elaboración propia con base en SINAC, 2019

5.3 Zonas de vida

Con respecto a Zonas de Vida, se utilizó el Mapa Ecológico de Costa Rica, según el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L. R. Holdridge, del Centro Científico Tropical. En la Figura 5, se muestran las seis zonas de vida del área de interés, en donde prevalecen el bosque húmedo en 20% y el bosque muy húmedo en un 79%, lo que conlleva a señalar la elevada capacidad de recarga hídrica, a pesar de que en el decreto se señala el área con un déficit de agua superficial durante la estación seca.

En el Cuadro 1 se incluyen las áreas de las Zonas de Vida de Holdridge con las que se puede caracterizar Peñas Blancas. Como se puede observar prevalece el bosque muy húmedo, sea Montano Bajo, Premontano y transición a Basal, en un 89,7% del área que cubre al área de deslizamiento. Esto es indicativo de que el área es productora de agua y que el suelo presenta valores elevados de humedad, aparte de condiciones favorables para la biodiversidad, por lo que se ha declarado como corredor biológico. En el Cuadro 1 se muestran las zonas de vida incluyendo piso altitudinal, la bio-temperatura en grados centígrados y los rangos de elevación de las Zonas de Vida.

Cuadro 1. Zonas de Vida de Holdridge en el área de Peñas Blancas

Número	Zona	Nombre	Piso	Bio-temperatura (°C)	Rango de precipitación (mm)	Area (Km ²)	Porcentaje
1	bh-T	bosque húmedo Tropical	Basal	24-30	2000-4000	9.8	9.9
2	bh-T2	bosque húmedo Tropical transición de Perhúmedo	Basal	24-30	2000-4000	10.6	10.7
3	bmh-P	bosque muy húmedo Premontano	Premontano	18-24	2000-4000	55.0	55.5
4	bmh-MB	bosque muy húmedo Montano Bajo	Montano Bajo	12-18	2000-4000	11.2	11.3
6	bmh-P6	bosque muy húmedo Premontano Transición a Basal	Premontano	18-24	2000-4000	12.1	12.2
6	bp-MB	bosque pluvial Montano Bajo	Montano bajo	12-18	4000-8000	0.4	0.4
Total						99.1	100.0

En la Figura 6 se muestran las áreas y porcentajes de las Zonas de Vida, en el área de Peñas Blancas.

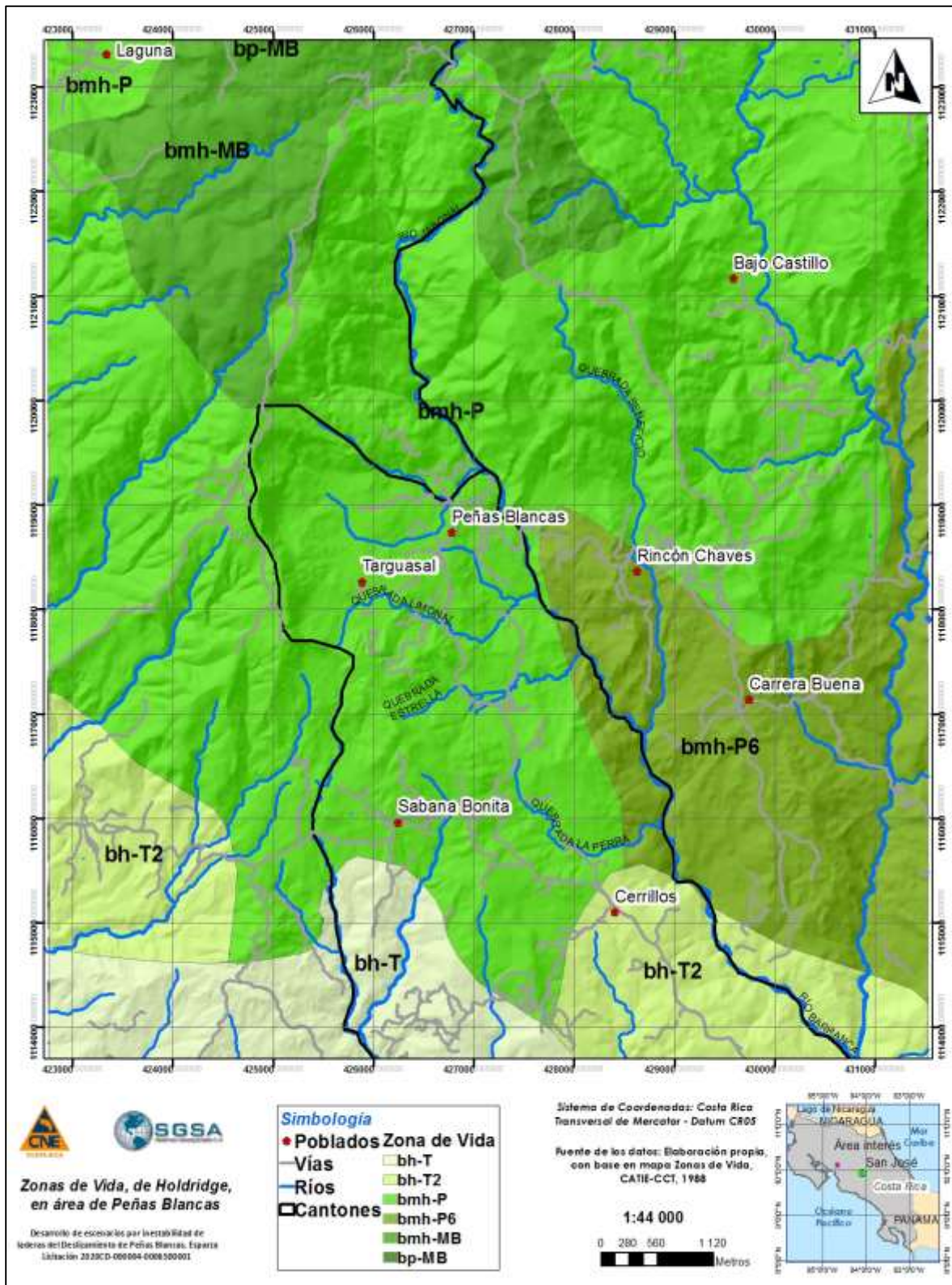


Figura 5. Zonas de vida en el área de Peñas Blancas
 Elaboración propia con base en CCT-CATIE, 1998

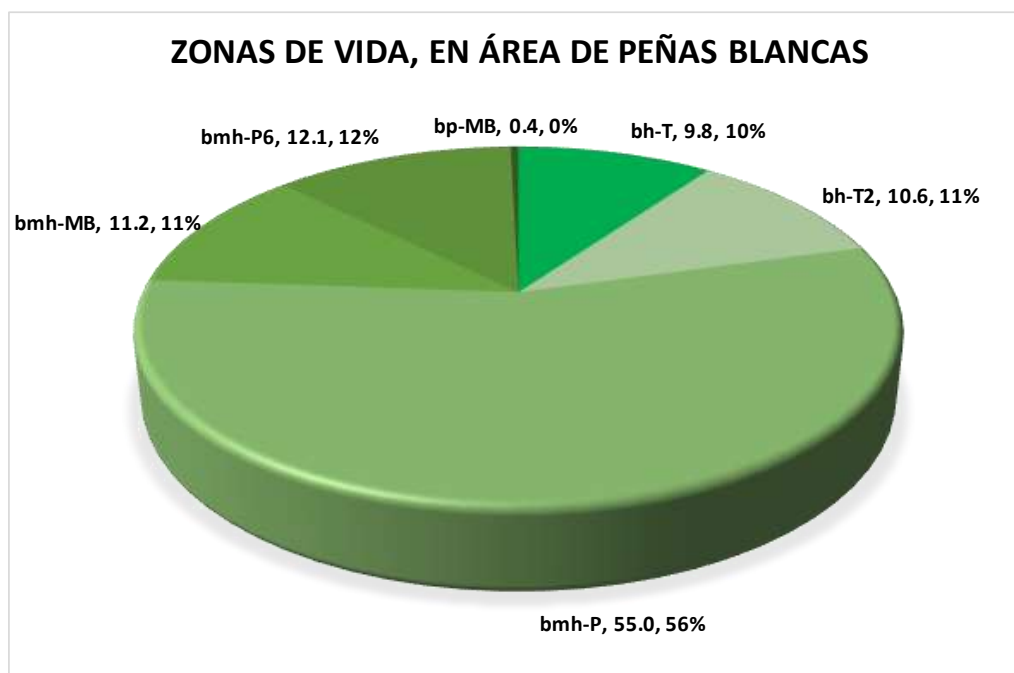


Figura 6. Áreas y porcentajes de las zonas de vida predominantes en Peñas Blancas

5.4 Orografía

El área presenta altitudes que van desde 220 msnm, hasta 1.528 msnm, con una media de 853,4 msnm (Figura 7). La variación en altitud es considerable, 1308 metros en 12 km de distancia (pendientes promedio aproximada del 11%), se considera que éste es un factor que interviene y regula tanto el relieve como los aspectos climáticos.

5.5 Pendientes

Pendiente media de la cuenca (S): es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, con respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la cuenca. Con base en el decreto ejecutivo 41860 MAG-MINAE, publicado el 12 de noviembre del año 2019, se han establecido los rangos de pendiente y sus nomenclaturas, los cuales se encuentran basados en la metodología de Capacidad de Uso de la Tierra; en la Figura 8 se incluyen los rangos de las pendientes.

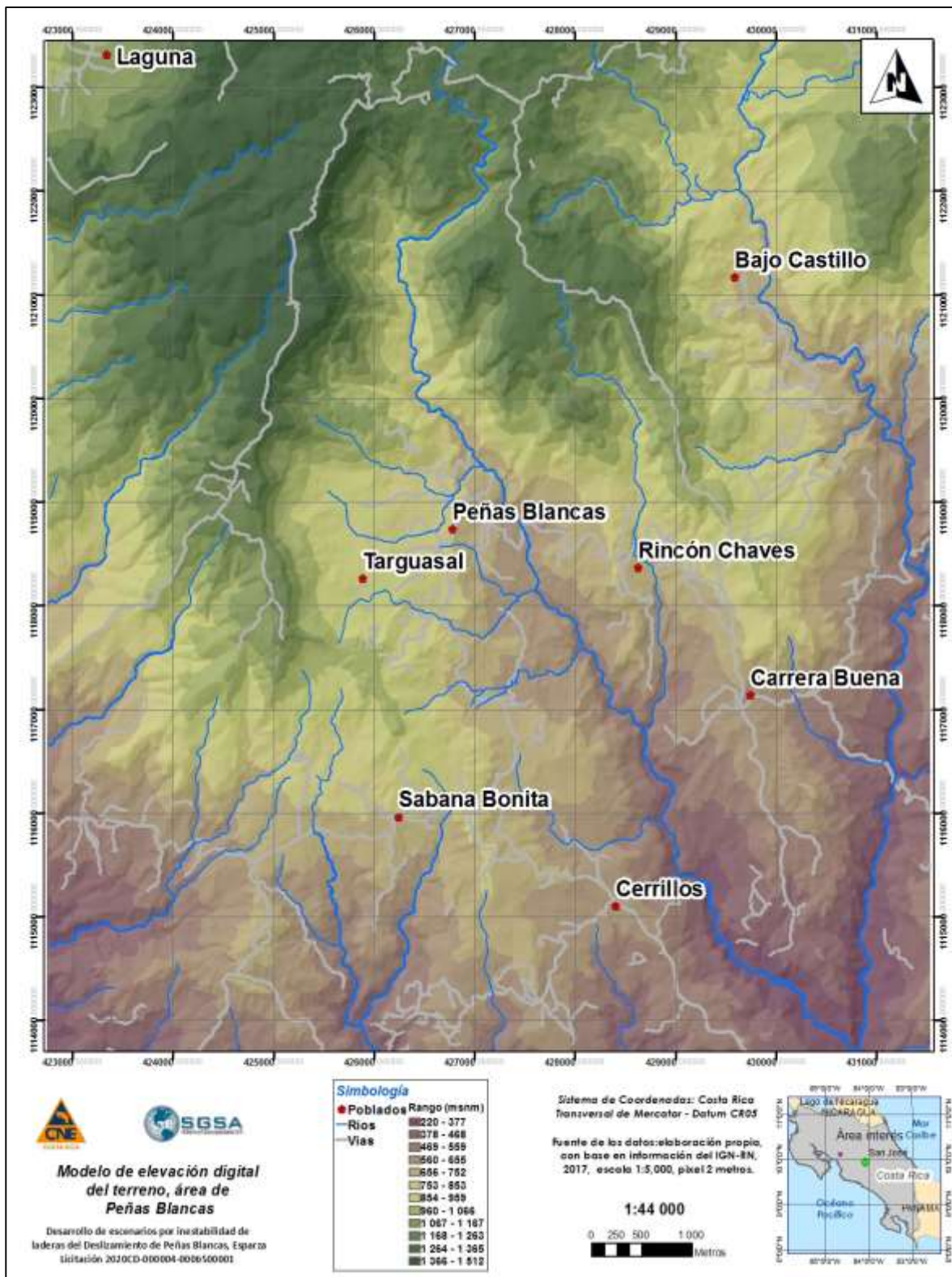


Figura 7. Modelo de elevación digital del área de interés
 Fuente: elaboración propia con base en cartografía IGN

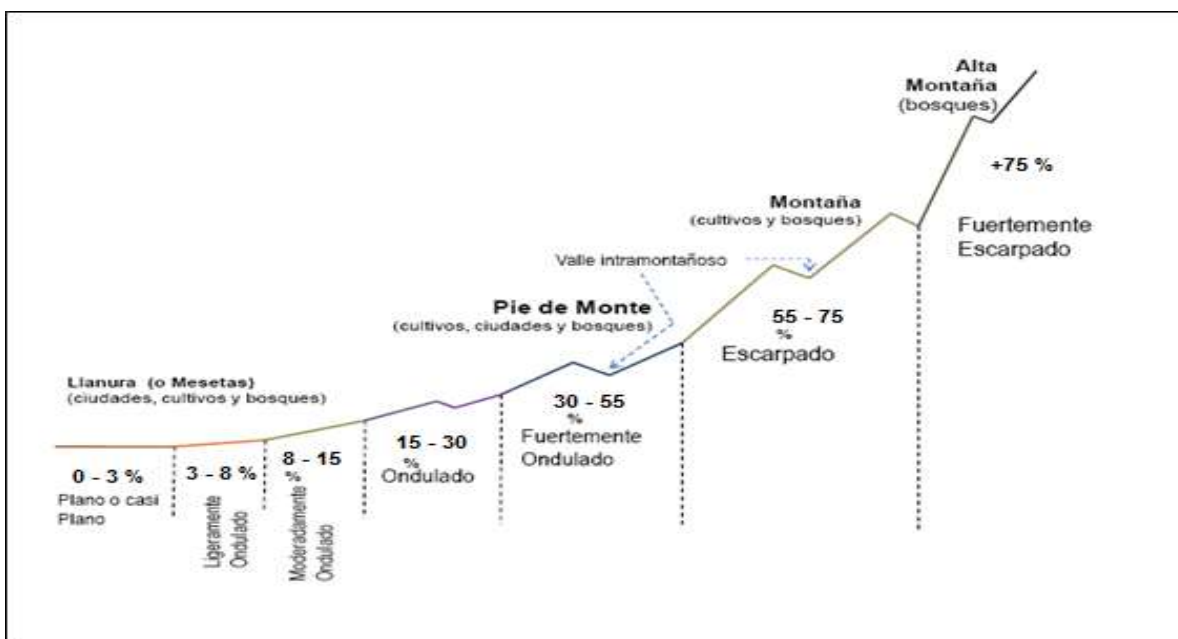


Figura 8. Tipos de relieve y convención de nomenclatura según Decreto Ejecutivo Nº 41860 MAG-MINAE

Este mapa se realizó a partir de cartografía 1:5.000, y se utilizó una unidad mínima de mapeo de 0,9 Ha. Las pendientes varían de 0 a 491,9% o 75 grados con una media de 45,65% o 22,3 grados. En la Figura 9, se incluye el mapa de pendientes en porcentajes, según el decreto Nº 41860 MAG-MINAE. Las pendientes ponen de manifiesto el anfiteatro y la corona del deslizamiento principal y otras áreas con amenaza de inestabilidad de las laderas. En el cuadro 2 se incluyen las áreas y porcentajes de las pendientes en el área de estudio de Peñas Blancas.

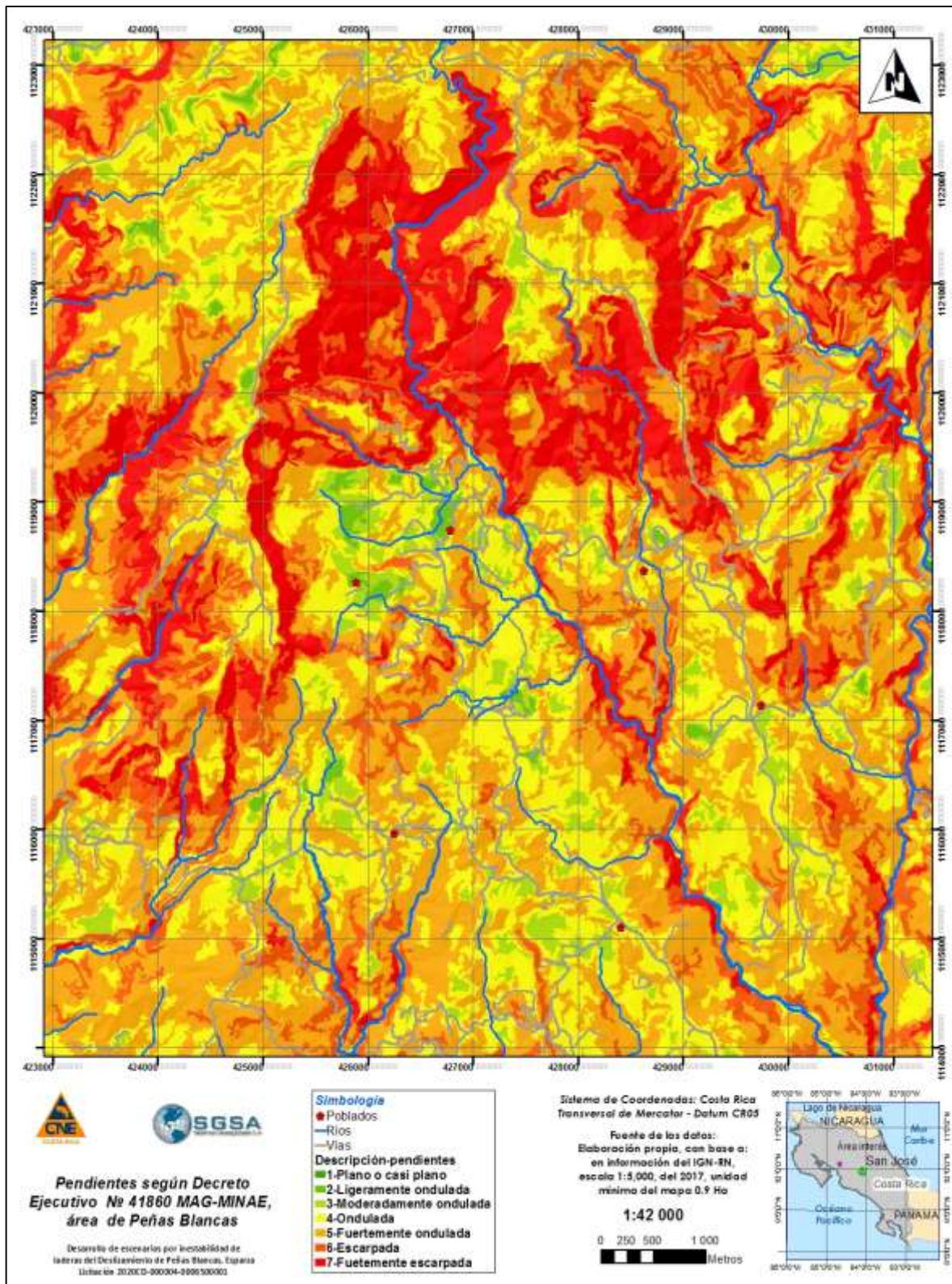


Figura 9. Pendientes según decreto No 41860 MAG-MINAE, en el área de Peñas Blancas

Fuente: elaboración propia con base en cartografía IGN

Cuadro 2. Pendientes y áreas en el del área del deslizamiento de Peñas Blancas

Clase	Rango %	Descripción	Area Km ²	Área (Ha)	Porcentaje
1.00	0 a 3	Plano o casi plano	0.02	2.12	0.02
2.00	3 a 8	Ligeramente ondulada	0.80	80.12	0.81
3.00	8 a 15	Moderadamente ondulada	4.09	409.21	4.12
4.00	15 a 30	Ondulada	25.46	2546.48	25.64
5.00	30 a 55	Fuertemente ondulada	40.79	4079.49	41.08
6.00	55 a 75	Escarpada	15.43	1543.07	15.54
7.00	Mayor 75	Fuertemente escarpada	12.69	1269.44	12.78
Total			99.30	9929.94	100.00

En la Figura 10, se muestra la distribución normal sesgada respecto a la media (23,2%), del porcentaje del área respecto a las categorías de las pendientes. Se observa que en el área predominan las pendientes fuertemente onduladas, escarpadas y fuertemente escarpadas, con un 69,4% de esta área.

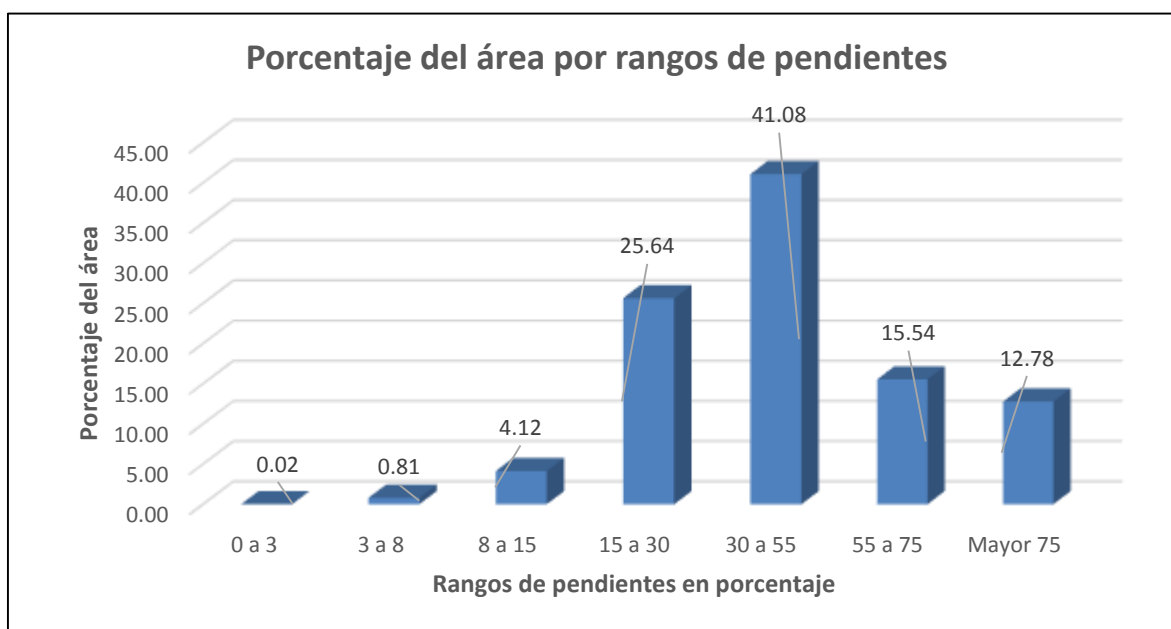


Figura 10. Histograma de distribución de las pendientes en porcentajes en el área de Peñas Blancas
Fuente: elaboración propia con base en decreto № 41860 MAG-MINAE

5.6 Aspectos climáticos

Con base en el mapa de precipitaciones anuales, correspondientes con la línea base para Costa Rica y desarrollado por el IMN, para el período 1961-1990, tomado de El Clima, su variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica (IMN, 2010), fue utilizado para caracterizar el área de interés, ver Figura 11.

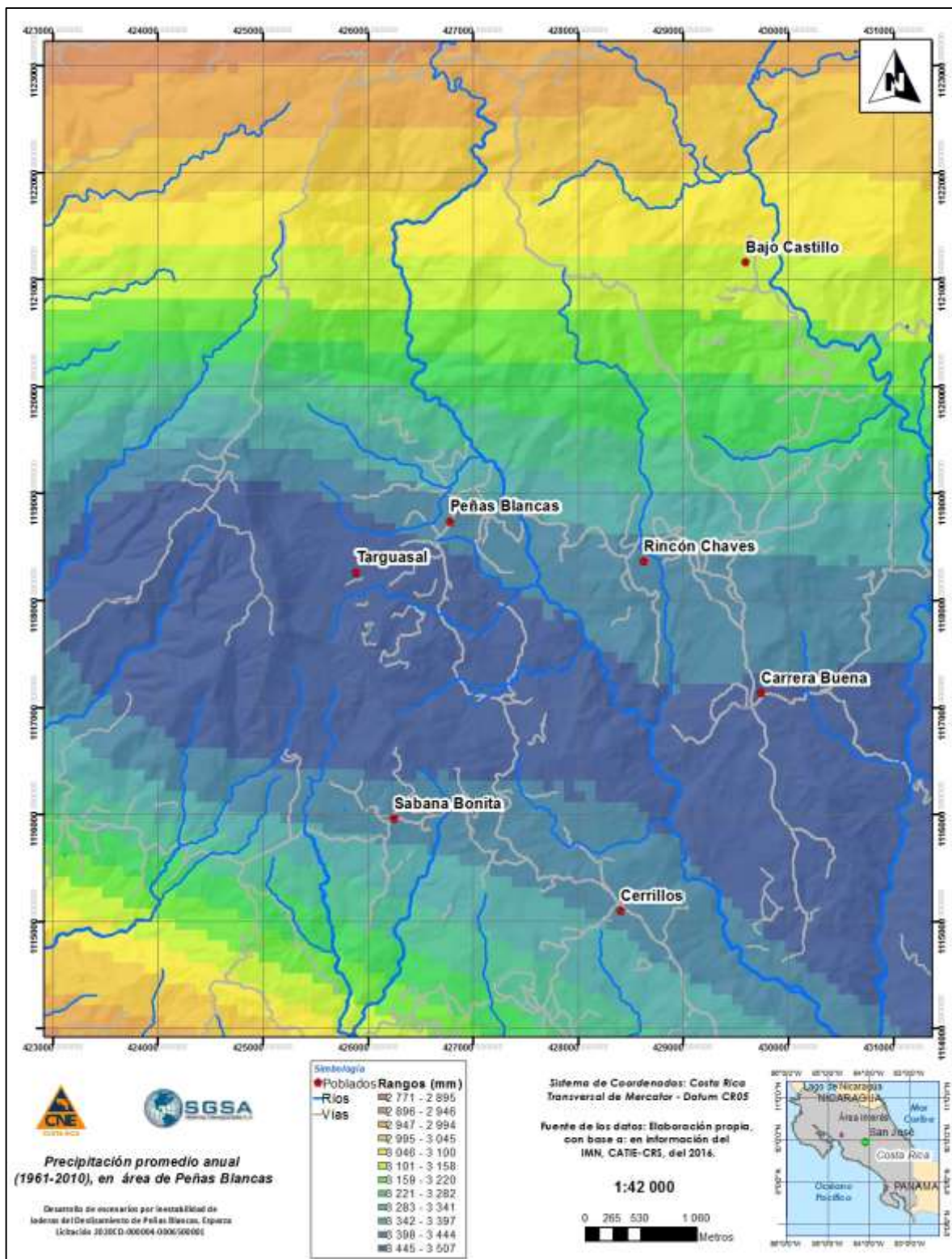


Figura 11. Precipitación promedio anual en el área de Peñas Blancas
Fuente: CATIE, CRS, 2015. Balance Hídrico para CA.

La precipitación media anual es de 3.231 mm, con un máximo de 3.507 mm y un mínimo de 2.771 mm. Es importante hacer notar que la franja de mayor precipitación coincide con el área del deslizamiento principal

Las condiciones del relieve hacen que se presente un máximo de precipitación localizado en la región central-Targuasal y Peñas Blancas, debido al ascenso orográfico del aire húmedo procedente del Pacífico. Hacia el norte, la precipitación disminuye hasta alcanzar el mínimo. Hacia el suroeste, también se observa una disminución.

En la Figura 12 se incluye la distribución de la temperatura en el área de interés.

La temperatura está asociada a las elevaciones del terreno. Hacia el noreste se presentan las temperaturas más bajas, con un promedio anual de 17,97 C°, el cual aumenta hacia el sur, con un máximo de 24,97 C° y un promedio, para el área de interés, de 21.39 C°. Esta temperatura hace que el clima del área en la parte media alta sea muy agradable.

5.7 Uso – ocupación de la tierra

En la Figura 13 se muestra la orthofoto del IGN'RN, 2017, que se utilizó para obtener el uso de la tierra u ocupaciones de la tierra, a esa fecha

El mapa de cobertura – uso de la tierra, para el área de interés, Figura 14, proviene de la interpretación de la ortofoto de 2017 y verificación con información proveniente de la Municipalidad de Esparza, luego de los estudios relacionados mediante los IFAs y el Plan Regulador de 2015 a 2017.

Por uso de la tierra se entiende la función o la utilidad que se le da a la misma, con fines de su aprovechamiento por medio de cultivos, pastoreo (ganado u otro), urbanización, conservación de suelos, bosques naturales, bosques implantados, extracción de minerales, etc. De esta manera su análisis ofrece la oportunidad de determinar cuál es la utilidad respectiva, por cuenca hidrográfica y cómo ha sido su desarrollo a lo largo de un tiempo específico.

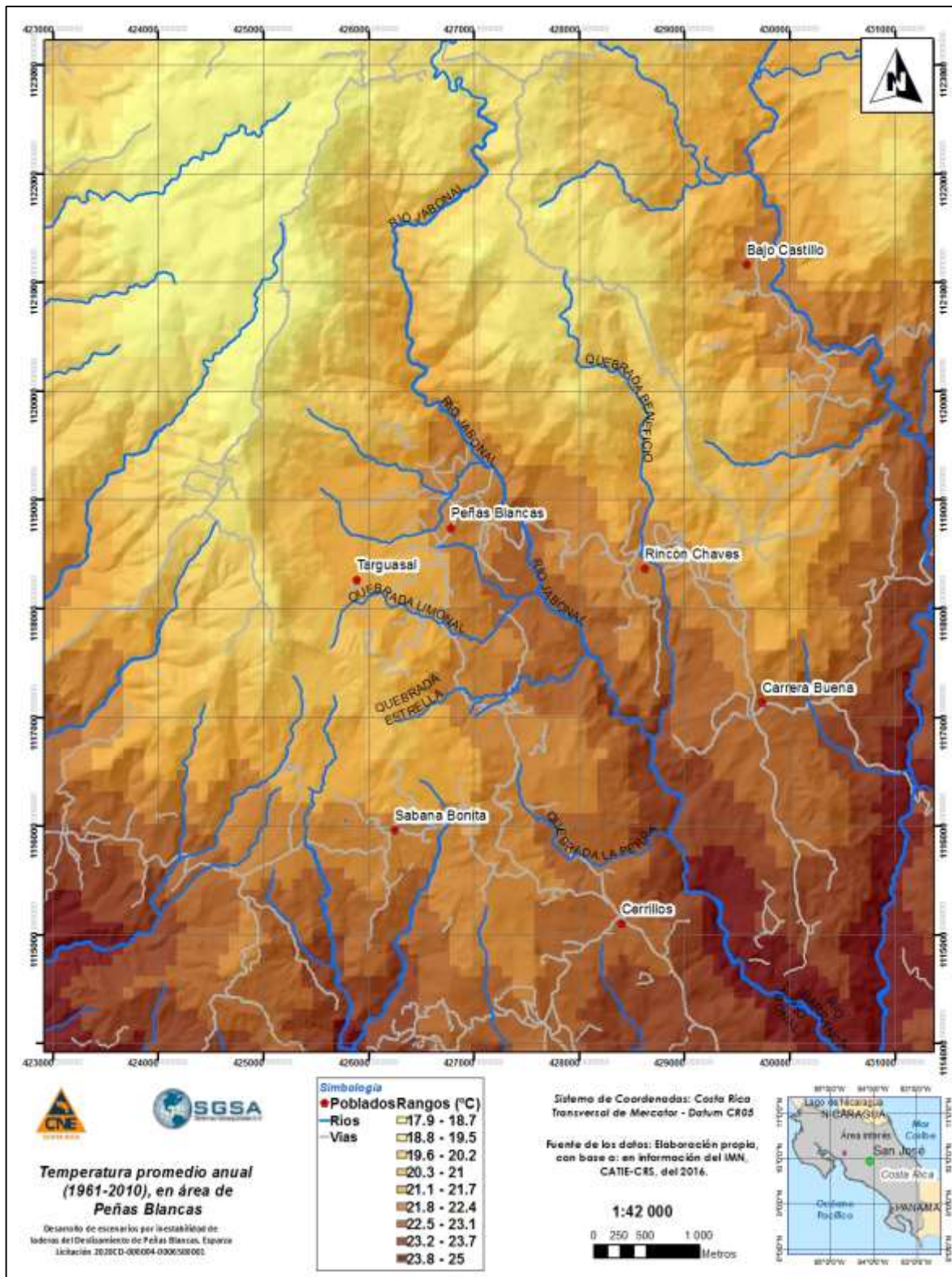


Figura 12. Temperatura promedio anual en el área de interés
 Fuente: CATIE, CRS, 2015. Balance Hídrico para CA.

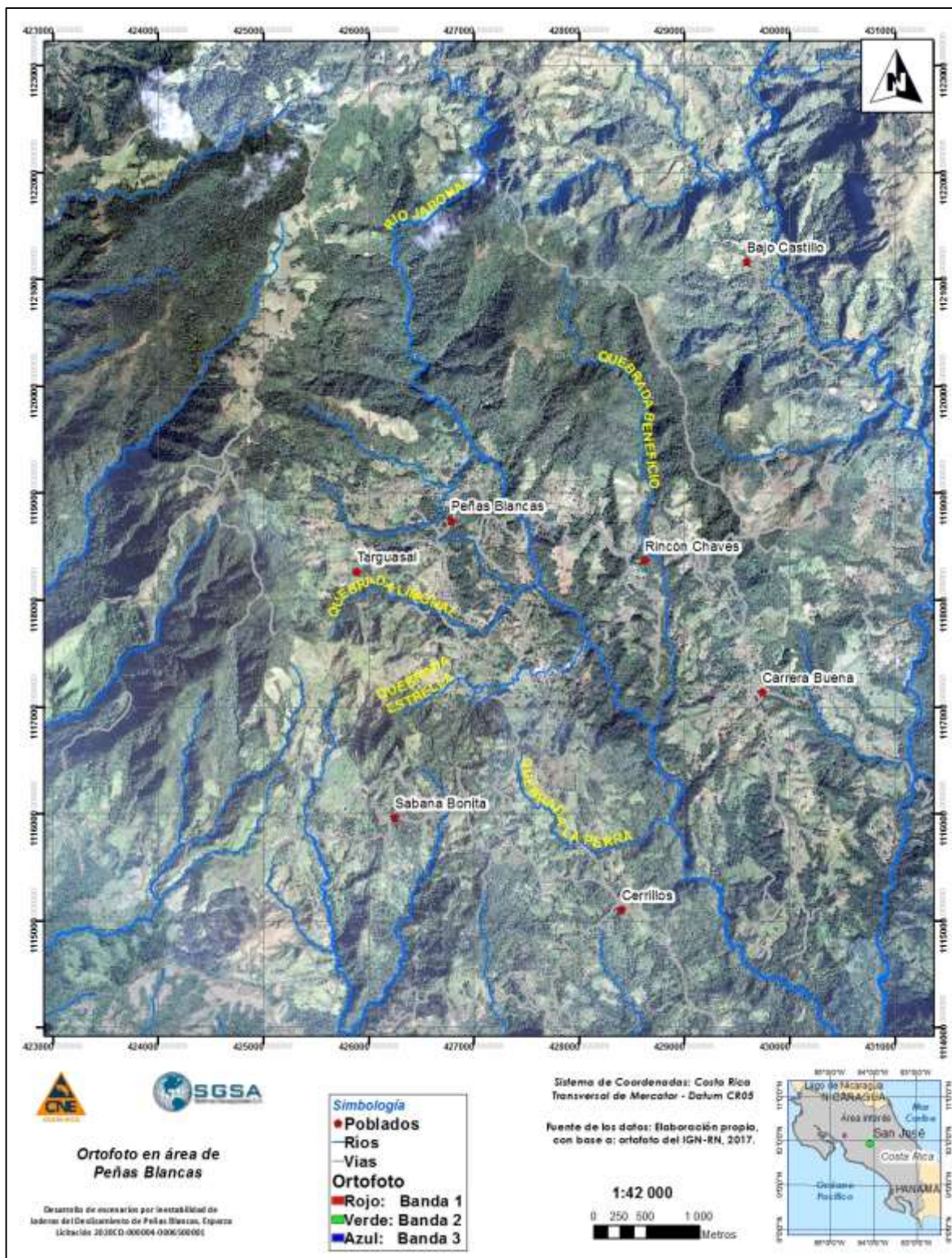


Figura 13. Ortofoto en el área de Peñas Blancas
Fuente; Ortofoto del IGN-RN, 2017

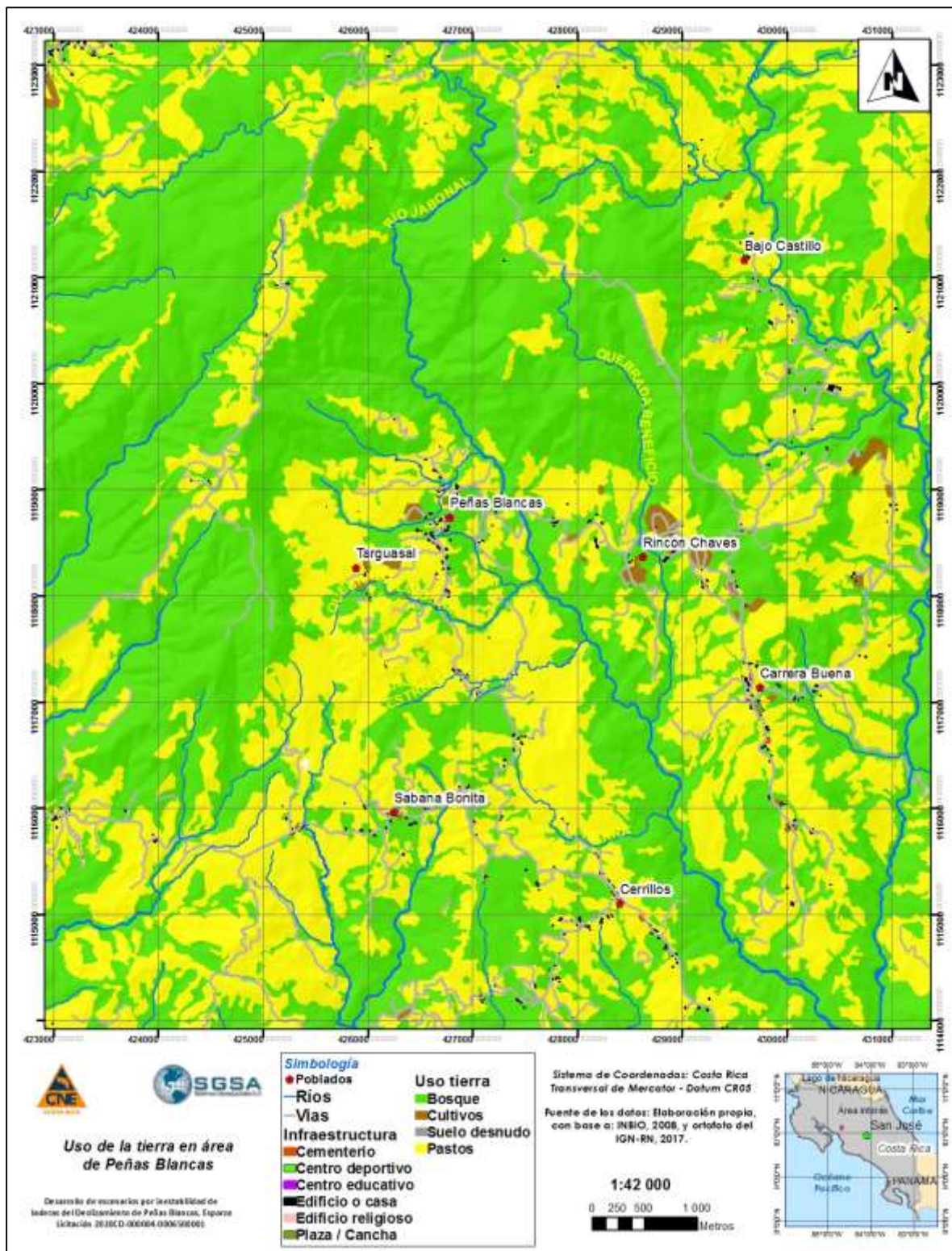


Figura 14. Uso – ocupación de la tierra, en el área de Peñas Blancas
 Elaboración propia, con base a INBIO, 2008 y ortofoto IGN-RN, 2017

5.8 Capacidad de uso de la tierra

Por medio de un análisis de la capacidad de uso de la tierra, es posible determinar las mejores opciones posibles para el aprovechamiento del recurso del suelo, desde el punto de vista socioeconómico, es decir, mediante el concepto “tierra” y para fines agrícolas y protección forestal.

Para ello, los datos empleados se obtuvieron del mapa homólogo elaborado por la Fundación Neotrópica, 1:50.000, de 1999, del Plan Regulador de Esparza, UNA (2016) y del mapa 1:200.000 de Costa Rica (Vásquez A., 1990). La capacidad de uso de la tierra es un instrumento muy valioso para la toma de decisiones en el medio rural, puesto que involucra un conjunto de variables biofísicas relacionados con los suelos y su articulación con los otros componentes del medio natural. De la conjugación de esas variables se origina una clasificación en ocho clases (ver Anexo 2), cuyas últimas cuatro son las más restrictivas, por presentar limitaciones severas, pues tienen que ver con la zona de vida, erosión, drenaje y la pendiente. Al comparar estas zonas con el uso actual, se define lo que se ha llamado la “condición de uso”, es decir, su correlación con el uso actual de las tierras y su capacidad. Para el caso de área de Peñas Blancas se obtuvo el mapa que se muestra en la Figura 15.

Es importante aplicar esta corrección, sobre todo porque al ser un área de protección y los mapas disponibles, como los de la Fundación Neotrópica, no incluyen esta parte, omiten un factor clave y solo aparece una aproximación en el mapa 1:200.000 Vásquez, 1990.

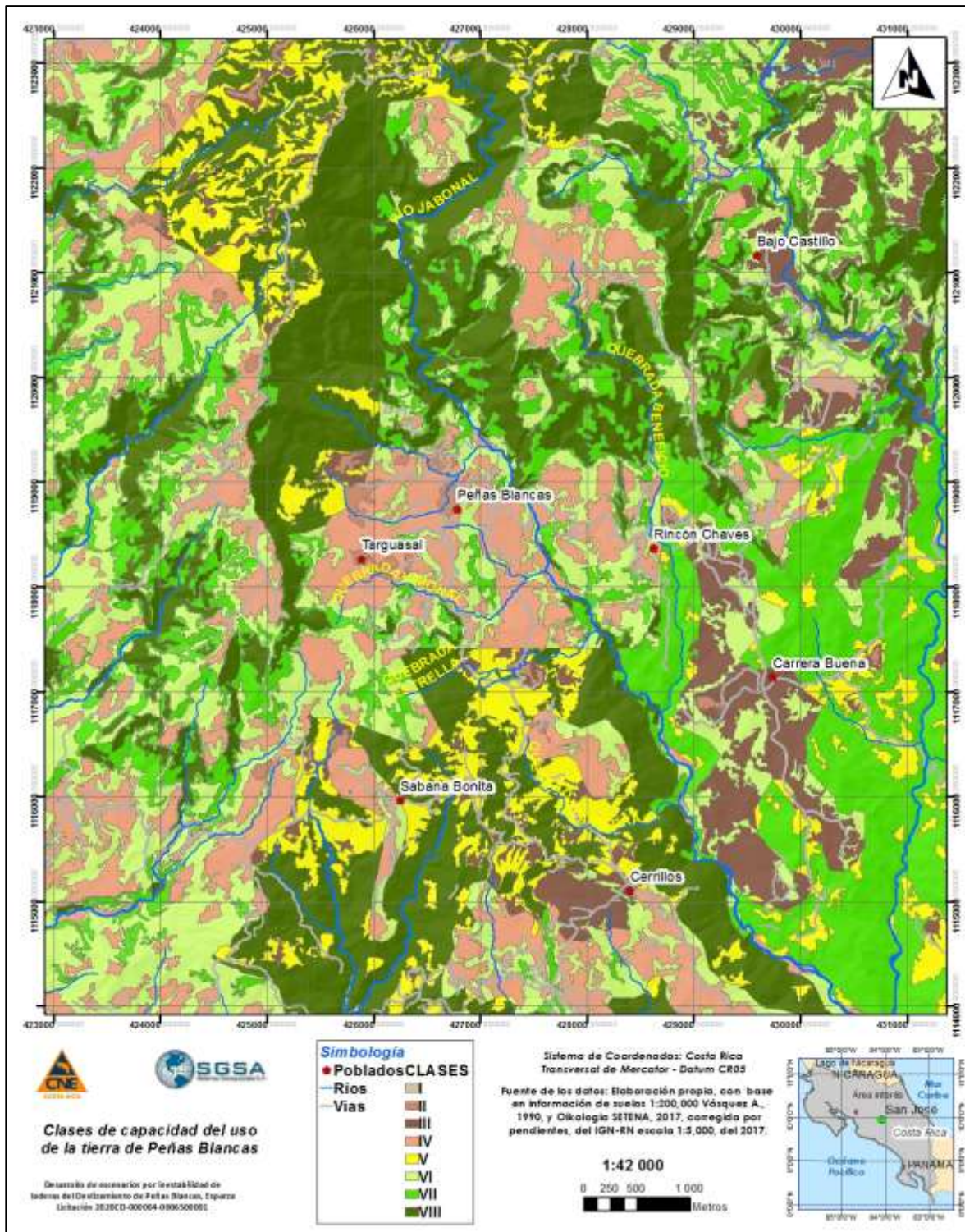


Figura 15. Capacidad de uso de la tierra en el área de Peñas Blancas

Fuente: elaboración propia con base en MAG, 1990 - 1:200,000, Neotrópica, 1:50.000, e interpretación decreto.

5.9 Hidrografía

El área del deslizamiento se encuentra dentro de la cuenca del río Jabonal. En la Figura 16, se definen las microcuenas, derivadas de modelo numérico del terreno, a escala 1:5.000, por medio de la aplicación del programa SWAT.

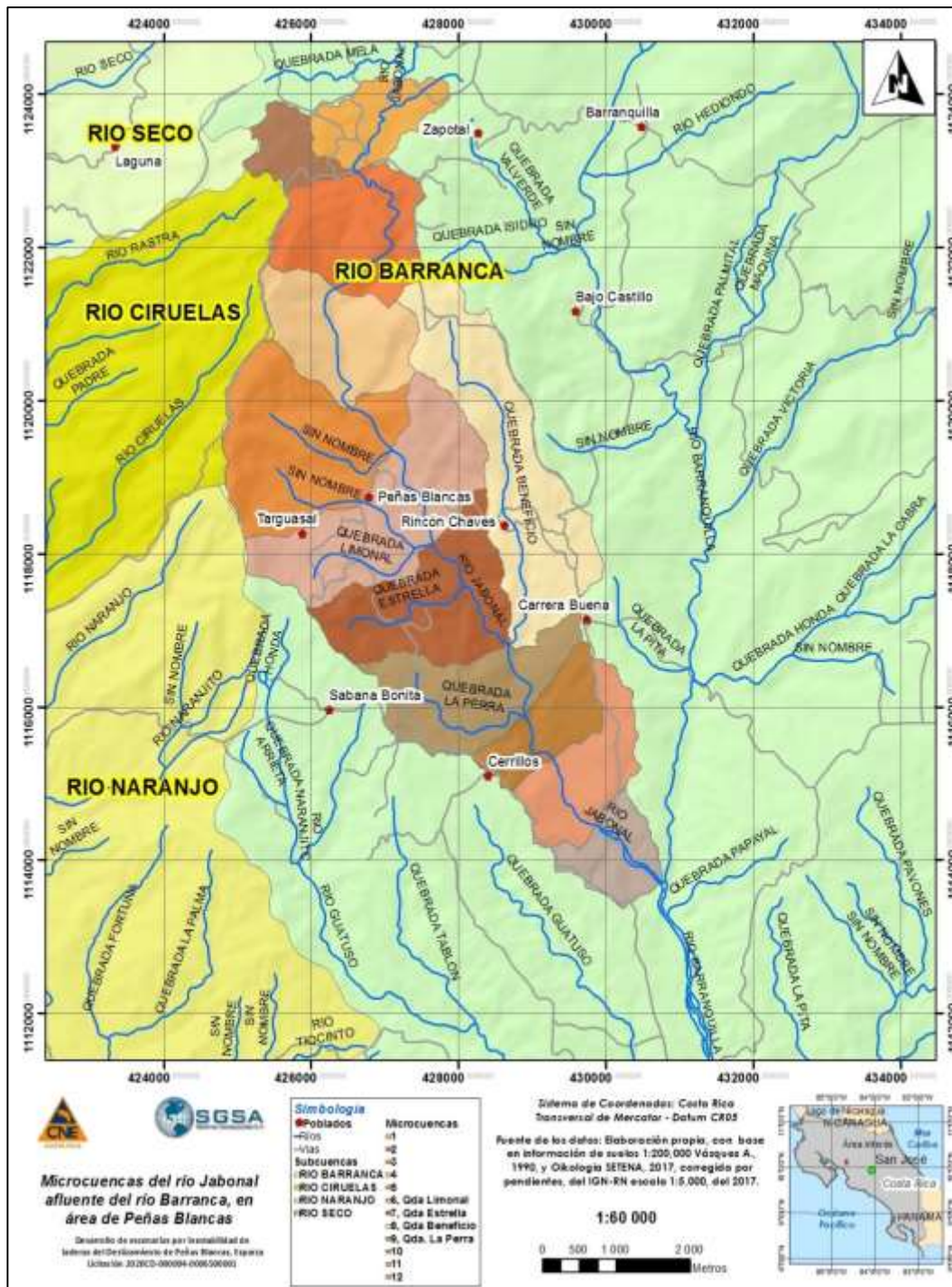


Figura 16. Microcuenas del río Jabonal, en el área de análisis
En el Cuadro 3, se resumen las áreas de cada una de las microcuenas del río Jabonal.

Cuadro 3. Áreas de las microcuencas del río Jabonal.

Subcuenca	Area (Km2)
1	1.42
2	0.87
3	2.73
4	2.51
5	4.15
6	4.13
7	3.26
8	4.92
9	2.75
10	1.44
11	1.96
12	1.23
Total	31.36

La microcuencas del río Jabonal, se determinaron para analizar cuál microcuenca requiere mayor intervención desde los puntos de vista de la amenaza por inestabilidad de laderas y por sobreuso o subuso de la tierra.

5.10 Marco geológico

El área bajo estudio se sitúa en la vertiente del Pacífico, en las unidades morfoestructónicas “Cordilleras neógenas del arco interno”, sección Tilarán-Miramar-Aguacate (Denyer et al., 2003, 2009), es decir, parte de la unidad conocida como el “Cinturón del oro” (Figura 17) (Kussmaul & Jiménez, 2001).

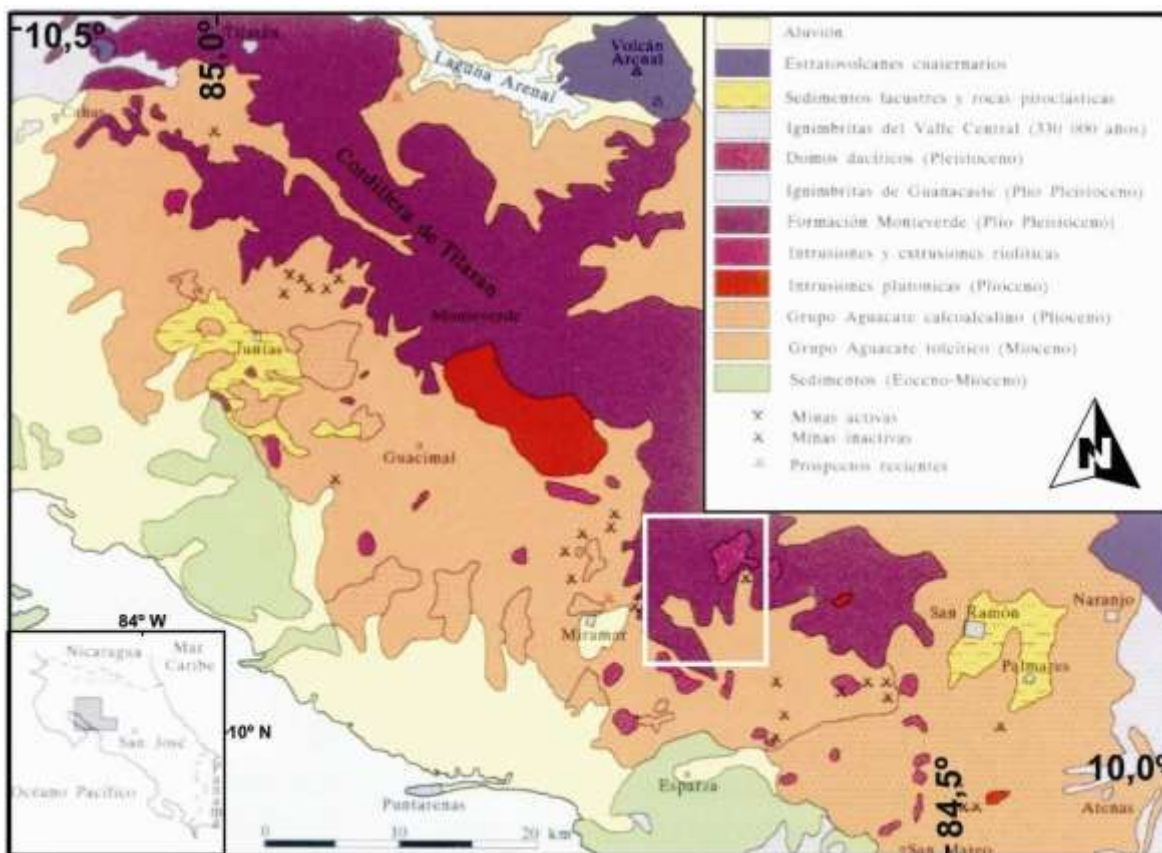


Figura 17. El “Cinturón del oro”, que comprende las cordilleras volcánicas neógenas, desde el Aguacate hasta Tilarán, en donde se encuentra el área bajo estudio (rectángulo blanco). Reformado de Kussmaul & Jiménez (2001).

Las unidades geológicas predominantes son las pertenecientes al Grupo Aguacate y a la Formación Monteverde, así como los depósitos cuaternarios de origen coluvio-aluvial y los coluvios generados por la inestabilidad de laderas. Las rocas de las unidades Aguacate y Monteverde son predominantemente volcánicas (lavas, brechas, ignimbritas), aunque hay, además, rocas vulcano-sedimentarias interdigitadas (brechas y tobitas).

Sobre esta región, hay mapas geológicos de base, a escala 1:50 000 realizados por Cascante et al. (2001) para el área de la cuenca del río Jabonal, y de Zácek et al. (2010, 2012) para toda la hoja Miramar. Estos mapas han sido complementados, para este estudio, con observaciones geológicas de campo y una revisión fotogeológica en los alrededores de Peñas Blancas.

El mapa geológico del área seleccionada para el estudio alrededor de Peñas Blancas, se muestra en la Figura 18. Para evitar confusiones, la estratigrafía y simbología utilizada en este trabajo sigue la propuesta por Zácek et al. (2010, 2012), que ya es la que ha sido utilizada por la Municipalidad de Esparza para trabajos anteriores.

5.10.1. Grupo Aguacate (Mioceno Inferior – Plioceno) (lavas bNag, brechas bNag, roca muy alterada alvNag)

Consiste de un paquete grueso de vulcanitas, en donde las lavas andesítico-basálticas son predominantes y las brechas volcánicas y vulcano-sedimentarias (epiclásticas) están subordinadas.

Forman dos grupos definidos separados, en términos generales, por un paquete de brechas volcánicas polimícticas cementadas, denominadas Brechas La Unión.

Las lavas inferiores son, principalmente, andesitas basálticas y basaltos, usualmente muy meteorizadas y con alteración hidrotermal mediana a intensa, silicificaciones moderadas a intensas y muchas veces asociadas con mineralizaciones auríferas, vetas de cuarzo y sulfuros oxidados (Kusssmaul, 2000) (Figura 19). Podrían correlacionarse con lo que en el Valle Central se ha llamado Formación La Cruz (Denyer & Arias, 1991, Kusssmaul, 2000), y cuyas edades son del orden de 20 a 11 Ma (Mioceno Inferior a Medio: Alvarado & Gans, 2012). Este paquete suele aparecer más hacia el lado frontal pacífico de la cordillera, al sur del área estudiada.

Las Brechas La Unión son brechas varicolores, usualmente muy cementadas, de colores verdosos a morados (Figura 19) y que provienen de un vulcanismo andesítico-basáltico a basáltico explosivo, pues las estructuras se asemejan a flujos piroclásticos. Están alternadas con tobas y en el techo, hay flujos pumíticos (Kusssmaul & Sprechmann, 1982; Zácek, 2012). Con frecuencia están alteradas hidrotermalmente o mineralizadas con oro, junto con la secuencia inferior, como en Bellavista y hacia el norte de Miramar. Tienen un espesor máximo cercano a los 200 m.

El techo de la secuencia de Aguacate consiste de lavas andesítico-basálticas, con andesitas y basaltos subordinados y piroclastitas intercaladas. Las lavas, con frecuencia, tienen fenocristales grandes de augitas y hornblendas y las alteraciones son menos acentuadas que en las brechas y lavas inferiores (Kusssmaul & Sprechmann, 1982; Kusssmaul, 2000). Las correlaciones indican similitud con las lavas de la Formación Grifo Alto (así denominada en el Valle Central por Denyer & Arias, 1991) y cuyas edades son del orden de 7,3 a 3,3 Ma (Mioceno Superior-Plioceno: Alvarado & Gans, 2012).

Toda la secuencia de Aguacate aflora desde San Jerónimo hasta Rincón Chaves, en todo el sur del área estudiada, en donde hace un paquete con un espesor total de 1 a 3 km, a veces cortado por fallas tectónicas.

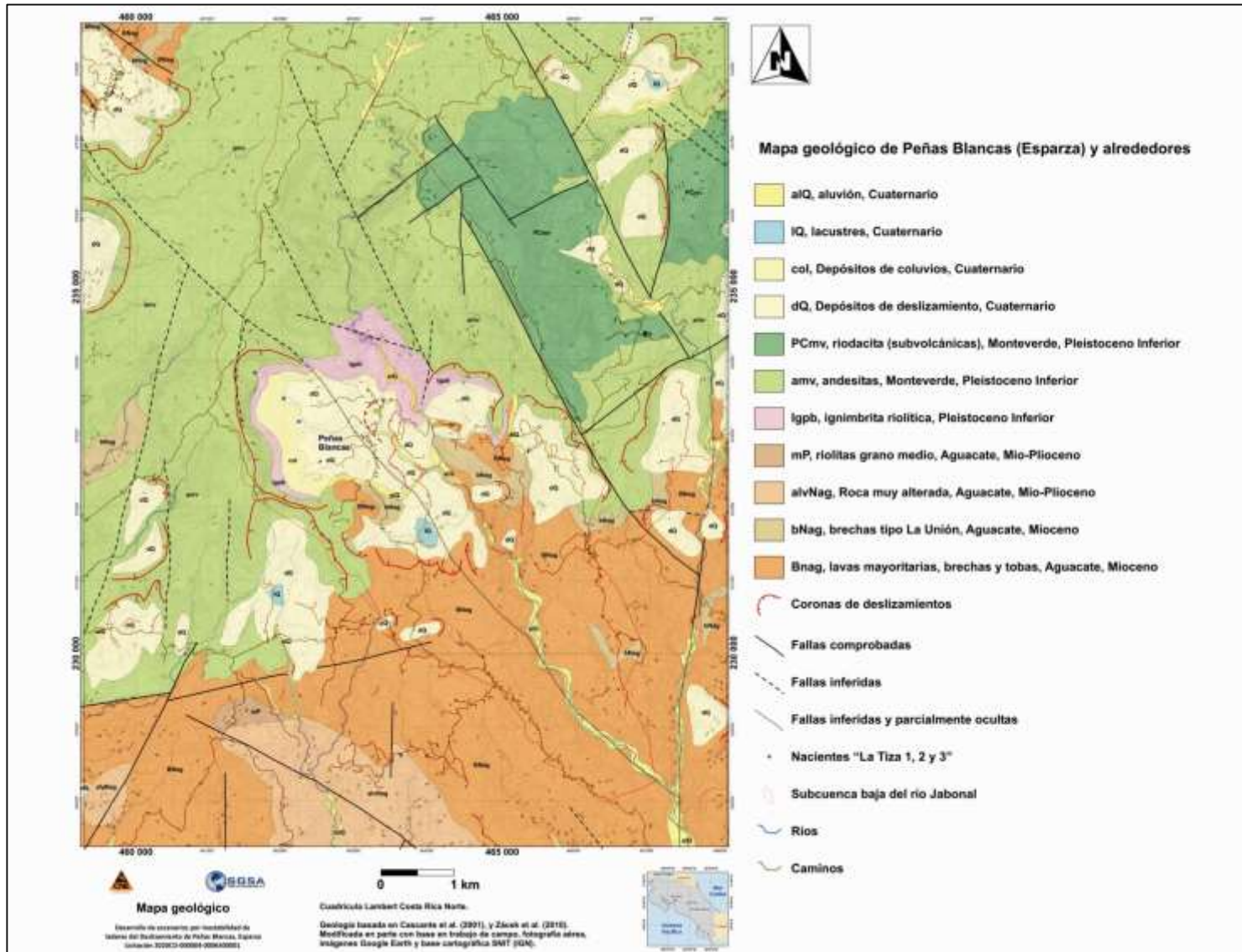


Figura 18. Mapa geológico del área estudiada, en la periferia de Peñas Blancas.

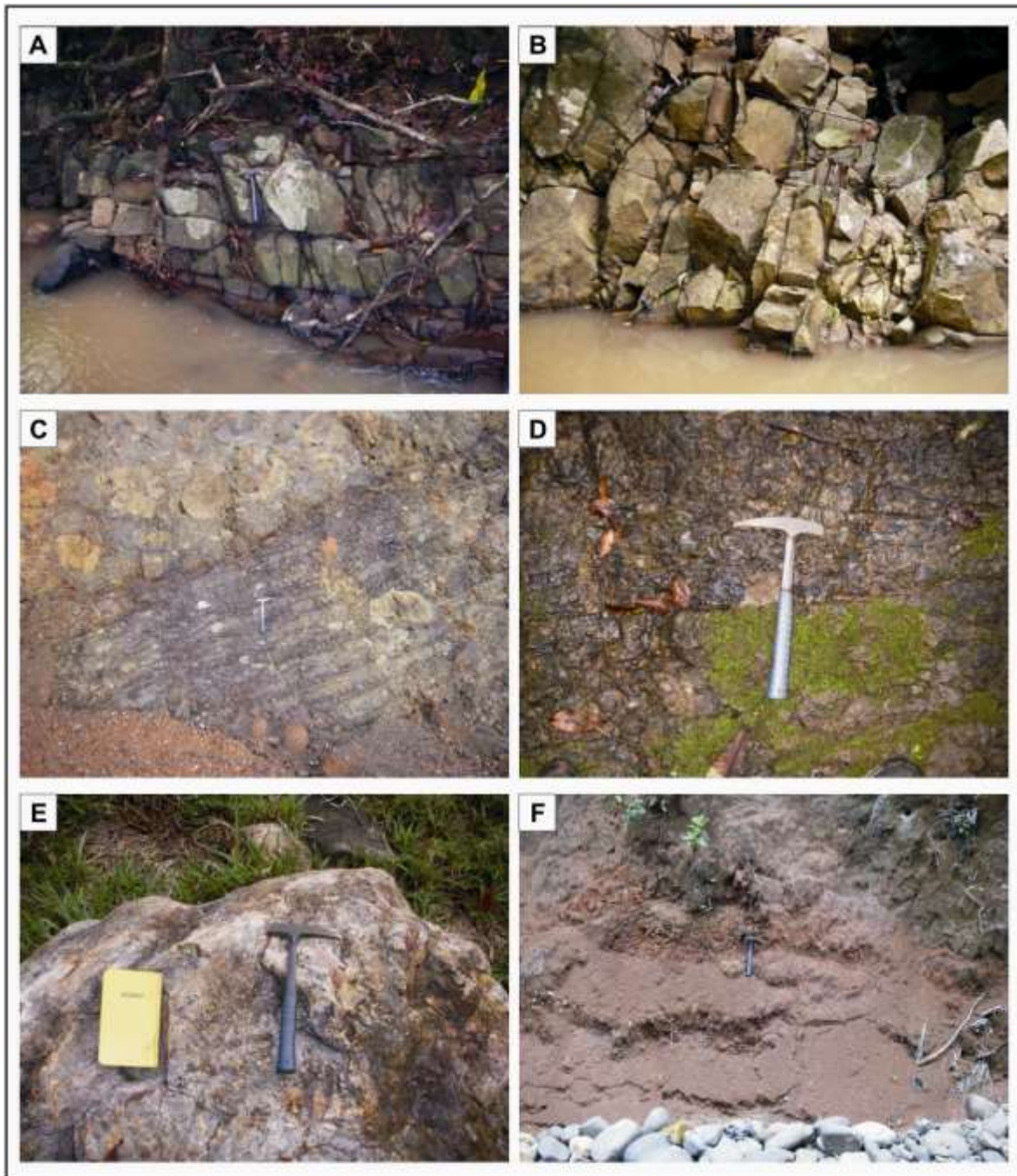


Figura 19. Lavas y brechas del Grupo Aguacate. A y B: Lavas sanas fracturadas. C y D: Brechas. E: Rocas con alteración, principalmente silicificación. F: Aspecto de la roca meteorizada a suelo residual.

Hacia el sur y este de Peñas Blancas, aparecen en la parte baja de los cañones del río Jabonal y la quebrada Limonal (Cascante et al., 2001; Záček et al., 2010). Sus suelos residuales son espesos, del orden métrico, con colores usualmente rojizos y a veces con desarrollos lateríticos (Figura 19F).

5.10.2. Ignimbrita Peñas Blancas (igpb)

En el área estudiada, esta ignimbrita solamente aflora en la periferia de Peñas Blancas, sobre todo hacia el norte (en Loma Rincón) y oeste del poblado y precisamente, el nombre de la localidad se deriva de estas rocas, las cuales son conocidas localmente como “tiza”, por su similitud en el color y textura.

Estas rocas fueron descritas por Villegas (1997) y, en el área de estudio con mayor detalle, por Cascante et al. (2001) en el norte del Peñas Blancas, como un flujo de cenizas masivo, blanco a celeste. Se encuentra parcialmente soldado, rico en cristales (plagioclasas, hornblenda, biotita, minerales opacos), pómez, y fragmentos líticos milimétricos dentro de una matriz cinerítica (Figura 19). Zácek et al. (2010, 2012) le asignan una composición riolítica a partir de los análisis químicos ($\text{SiO}_2 = 71,63\%$), aunque macroscópicamente no tiene cuarzo. Estas rocas se meteorizan y forman suelos residuales de colores grisáceos, ricos en arcillas de plasticidad intermedia y cohesión elevada (Cascante et al., 2001) (Figura 20B).

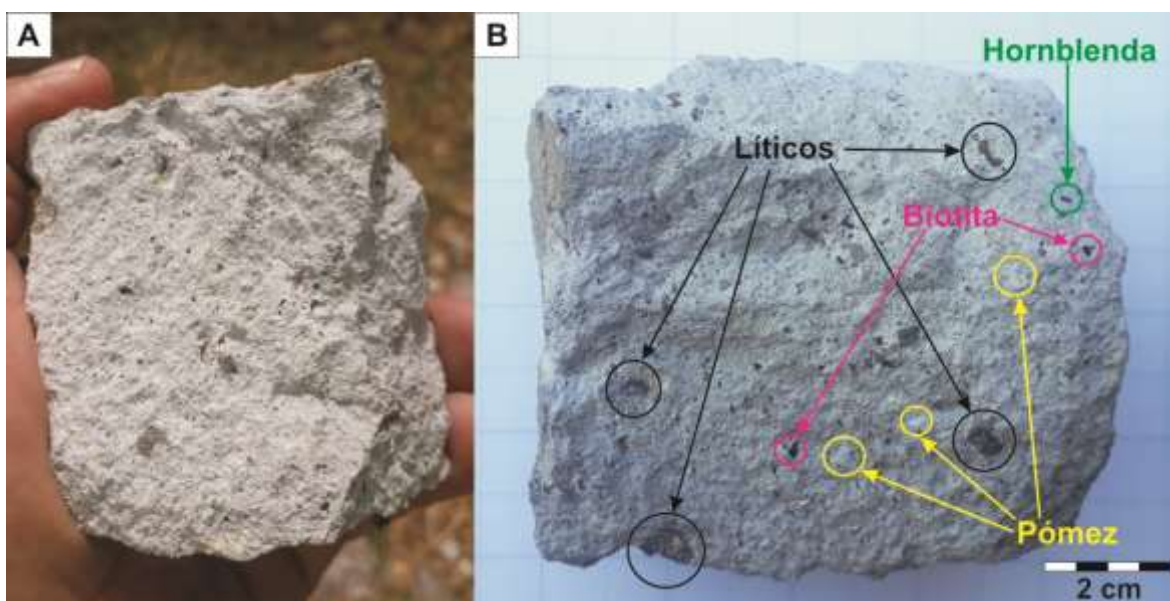


Figura 20. Ignimbrita Peñas Blancas. A: En vista macroscópica. B: Detalle petrográfico de componentes principales reconocibles en macroscopía.

El espesor máximo lo estimaron Cascante et al. (2001) en 300 m y en efecto, este es el espesor aproximado en los acantilados al oeste de Peñas Blancas. Zácek et al. (2012) indican que el flujo se inclina hacia el sur y suroeste. Las nuevas observaciones de campo indican que más bien se inclinan hacia el este y sureste. Ni Cascante et al. (2001) ni Zácek et al. (2010) cartografiaron esta ignimbrita en los fuertes escarpes que hacen los cerros al oeste de Peñas Blancas y hacia el cerro Zapotal, mientras que en el trabajo de campo para esta consultoría se ha corroborado que estas rocas son totalmente visibles en esos acantilados, por lo que se han incluido en el mapa geológico de esta manera (Figuras 18 y 20) y además, su techo es la zona en donde aflora varias fuentes de agua, y particularmente la conocida como “La Tiza 1” (ver mapa geológico de la Figura 18).

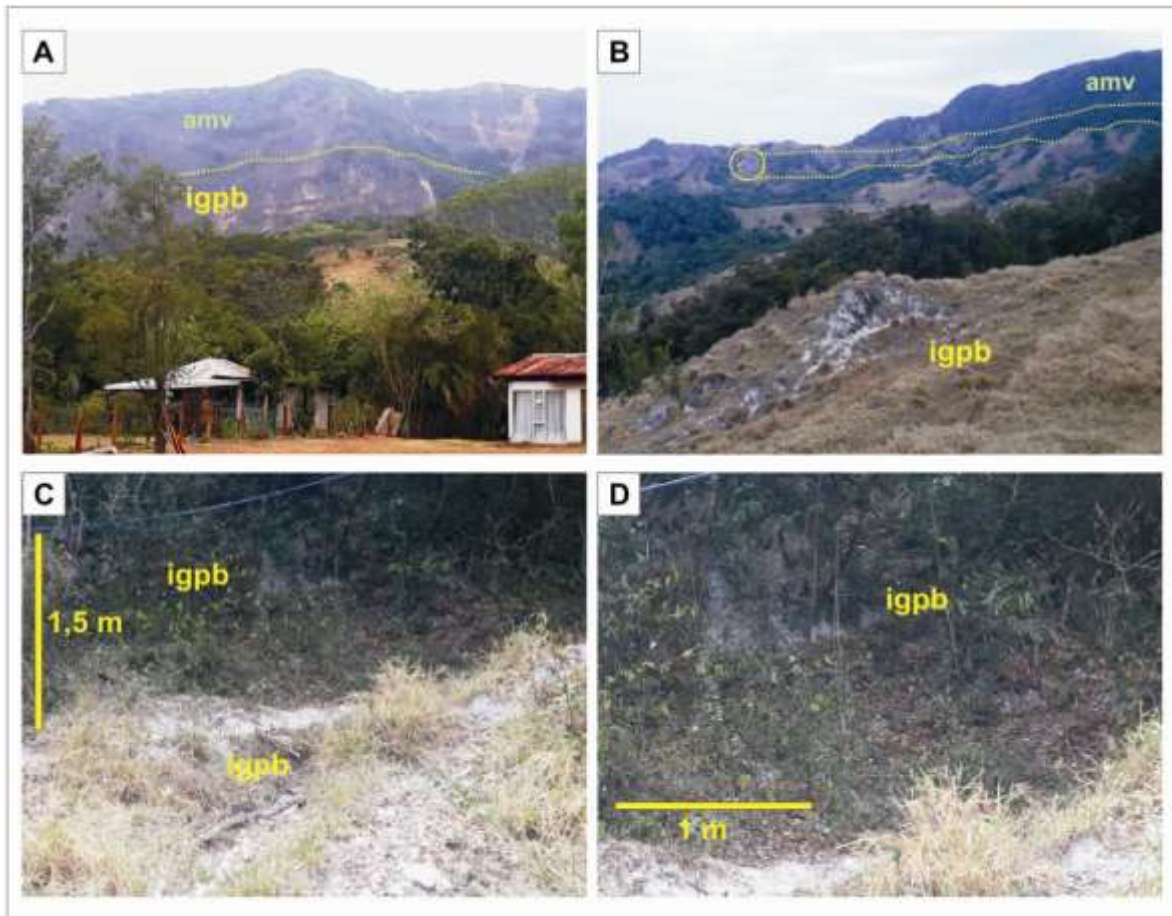


Figura 21. Afloramientos de la Ignimbrita Peñas Blancas (igpb). A: En los acantilados (fondo) sobreyacidas por las lavas de la Fm. Monteverde (amv), al oeste del poblado (primer plano). B: Roca alterada a suelo gris arcilloso (primer plano) en Loma Rincón; al fondo (sur de Peñas Blancas), se nota la continuación de la ignimbrita (círculo y líneas), cerca del camino que baja a Targusal. C y D: En afloramiento, en el norte de Peñas Blancas, subiendo a Loma Rincón en 462,9E-234,1N (LCRN).

Cascante et al. (2001) la sitúan estratigráficamente en la Formación Monteverde. Záček et al. (2010, 2012) la sitúan entre Aguacate y Monteverde y lo mismo, Alvarado & Gans (2012). Aunque las relaciones estratigráficas visibles no son óptimas, es claro que sobreyace, discordantemente, a las rocas del Grupo Aguacate y subyacen a las de la Formación Monteverde, de manera concordante, tal cual se aprecia hacia el oeste y sur de Peñas Blancas, en los acantilados (Figuras 21A y 22).

Su edad posible es de entre 3,3, y 2,1 Ma (Alvarado & Gans, 2012), aunque se requiere de análisis estratigráficos adicionales para precizarla.



Figura 22. Ignimbrita Peñas Blancas que aflora en los acantilados al oeste del poblado homónimo, subyaciendo a la Fm. Monteverde.

5.10.3. Formación Monteverde (Pleistoceno Inferior) (andesitas amv, riocacitas: PCmv)

En el área de estudio, la Formación Monteverde cubre gran parte del sector centro y norte del mapa (Figura 18). De hecho, las rocas de la Fm. Monteverde cubren gran parte de las cimas de la cordillera, usualmente por encima de las alturas de 900 a 1000 m s.n.m. y las cubren de forma horizontal o ligeramente basculada hacia el sur. Sobreyacen, de manera discordante, a las unidades del Grupo Aguacate y a las ignimbritas ácidas intermedias, como la de Peñas Blancas (Cascante et al., 2001; Záček et al., 2010, 2012). Alvarado & Gans (2012) establecen que son posibles escudos andesíticos formados por la acumulación de erupciones fisurales y que forman mesetas en el tope de la cordillera. Sus edades varían entre 2,1 a 1,1 Ma (Pleistoceno temprano).

Estas rocas son, principalmente, el producto de flujos de lavas andesíticas a andesítico-basálticas, con tobas y brechas subordinadas y epiclastos (i.e. lahares) en áreas localizadas (Figura 23), con un espesor total de alrededor de 500 a 700 m (Cascante et al., 2001; Záček et al., 2010, 2012). A pesar de que mineralógicamente son muy similares a las lavas del Grupo Aguacate (aunque geoquímica e isotópicamente llegan a distinguirse), se presentan menos meteorizadas; la alteración hidrotermal es ausente o poco notable y abundan los espacios con rocas sanas de color gris oscuro a claro, con meteorización esferoidal y suelos residuales de pocos metros de espesor, de color rojizo (Záček et al., 2010, 2012; Alvarado & Gans, 2012).



Figura 23. Aspecto varios de la Fm. Monte Verde. A: Bloques residuales que aparecen en afloramientos parcialmente meteorizados en la Loma Rincón, al sur de Peñas Blancas, con vista hacia el sur. B y C: Según sus características macroscópicas (roca porfírica) son de composición andesítica. En B se compara con la Ignimbrita Peñas Blancas. D y E: Afloramientos que muestran tobas (D y E paquete estratigráfico intermedio), secciones brechosas (D arriba y abajo) y lahares (E arriba).

En los alrededores de Peñas Blancas afloran en la Loma Rincón (al norte de Peñas Blancas) y en los acantilados que limitan al oeste y suroeste al poblado y su entorno (Figuras 21 A y B, 22 y 23). Aquí, sobreyacen a la Ignimbrita Peñas Blancas, forman el tope de la fila Zapotal y se extienden hacia el oeste en el sector de la mina Bellavista y las nacientes de los ríos Naranjo, Naranjillo y Ciruelas. Hacia el norte aparecen en el cerro Zapotal y el poblado Zapotal, en donde cubre todas las cimas.

En el sector norte del área de estudio, al sur de Zapotal, en Bajo Carrillo y el Cerro la Cruz, hay una serie de domos riodacíticos, con biotita y anfíbol (PCmv), con contactos por falla y en parte con alteración hidrotermal (Figura 24), que intruyen a las lavas de Monteverde (Zacek et al., 2010, 2012). Son rocas de color claro, cuyas fábricas cristalinas indican cuerpos hipoabisales, hasta casi plutónicos, con una edad de alrededor de 1,71 Ma (Zacek et al., 2012). Fueron el producto de una fase magmática intermedia, entre todo el vulcanismo de Monteverde.



Figura 24. Cerro La Cruz, formado por rocas de la Fm. Monteverde. A: Panorámica desde el noreste donde se muestra su morfología sobresaliente. B: Detalle geomorfológico desde el sureste. C: Rocas aflorantes en el sector este del cerro.

5.10.4 Aluviones (Pleistoceno Superior – Holoceno) (alQ)

Los aluviones, en esta área, son característicos del sector montañoso, alojado en cauces angostos, estrechos y con poco espesor. Se componen de bloques decimétricos a métricos y matriz arenosa gruesa a gravillosa. Se han cartografiado en la quebrada Limonal, al sur de Peñas Blancas, en la quebrada Beneficio y en el río Jabonal, al este del poblado.

5.10.5 Depósitos de deslizamiento (Cuaternario) (dQ, col)

Estos depósitos son coluvios gruesos, cuyas fracciones poseen dimensiones finas (suelos) hasta bloques métricos, como por ejemplo los de las rocas del Grupo Aguacate, las ignimbritas y las de la Fm. Monteverde.

De hecho, casi todas las montañas entre Sabana Bonita, Peñas Blancas, Rincón Chaves y Bajo Chaves, presentan deslizamientos, de formas y tamaños diversos. Entre ellos, destaca el de Peñas Blancas, por ser el de mayor tamaño y porque el poblado se asienta sobre él.

El depósito de este deslizamiento forma un abanico amplio, de pendiente suave hacia el este-sureste, de alrededor de 2,5 km de longitud y 1,5 km de ancho. El deslizamiento, en general, parece bastante estable hacia la parte oeste, aparte de caídas ocasionales de bloques desde los acantilados escarpados (>200 m de altura; Figuras 17, 21 y 24). En esa parte occidental, se ha formado un conoide de deyección (talus) por la acumulación de los materiales caídos del acantilado (Figuras 17 y 24).



Figura 25. Panorámicas desde la Loma Rincón (~1050 m s.n.m.), hacia el sur. B muestra el detalle occidental, con el límite de las rocas in situ y el depósito de deslizamiento.

Hay deslizamientos identificados además, en los sectores noroeste y noreste del área cartografiada en la Figura 17 (poblados de Laguna, Barranquilla y Bajo Castillo). Los otros deslizamientos presentes, alrededor de Peñas Blancas (e.g. Bajo Chaves, al este de Lomas Castro o Finca La Laguna, y Lomas Castro – loma Zapotal) tienen características similares al de Peñas Blancas (Figura 25), en donde las masas móviles están compuestas, principalmente, por rocas de la Formación Monteverde, y menormente por rocas del Grupo Aguacate. Su sustrato y/o superficie de ruptura se encuentra cerca del contacto con las rocas del Grupo Aguacate y, en parte, al menos, también pueden incorporar alguna proporción de este tipo de litologías (e.g. Finca La Laguna).



Figura 25. Corona de deslizamiento sobre la carretera a Peñas Blancas, al oeste de la Finca La Laguna (463 659 E – 231 445 N, LCRN). A: Visto hacia el sur, dislocación en la carretera. B: Visto hacia el norte, movimiento en los potreros.

5.10.6. Depósitos lacustres (Cuaternario) (IQ)

Hay depósitos lacustres cartografiados en el interior de los depósitos del deslizamiento en Barranquilla (noreste del área cartografiada), de Finca La Laguna (~100 000 m²) y al oeste de Sabana Bonita (~60 000 m²) (Figura 17), así como varios otros menores, no mapeables (Cascante et al., 2001; Záček et al., 2010), en pequeñas cuencas al este de Peñas Blancas (Figura 26). Se trata, en estos terrenos, de materiales compuestos por depósitos volcánico-lásticos no consolidados, con estratificación centimétrica paralela y una composición granulométrica desde gravas hasta arenas finas, con espesores de >20 m.

5.10.7 Tectónica y estructuras del área

Denyer et al. (2003; 2009) han mapeado estructuras regionales posiblemente neotectónicas con dirección NE entre Esparza y Miramar, donde destaca la falla Barranca. Montero & Denyer (2011) han desarrollado un modelo y mapeado las fallas en la península y golfo de Nicoya y áreas circunvecinas, en donde se muestran fallas neotectónicas dextrales con rumbo NW-SE, y dextrales N-S, que están acordes con los modelos de movimiento determinados con datos GPS, y en donde el *sliver* del antearco centroamericano muestra un escape tectónico a lo largo de estas fallas.

En el área cercana a Miramar y dentro de la hoja Miramar, se han mapeado diversas estructuras paleotectónicas (algunas relacionadas con mineralizaciones auríferas) y neotectónicas. En el área de Bellavista (al oeste-centro del área mapeada en la Figura 17) la estructura principal en el yacimiento aurífero, la Falla Liz, es de movimiento transcurrente dextral, con un rumbo N-S a ligeramente NNW, casi vertical, y es la que controla la mineralización, que se encuentra en el bloque oriental. Otras fallas importantes (con una longitud en planta del orden de las centenas de metros) identificadas en el área del tajo son la Atravesada (E-W a ligeramente WNW), Chimenea (ENE a NE), Tebas (NE), todas ellas casi verticales (Cosillo, 1985; Alán, 1997). Hacia el este, en la zona de estudio, Cascante et al. (2001) y Záček et al. (2010; 2012) han mapeado principalmente fallas subverticales transcurrentes con direcciones predominantes NW-SE y N-S a ligeramente NNE-SSW, y menormente ENE-WSW y NE-SW (Figura 17).

Las principales estructuras son de dirección NW-SE, como las que cortan los cuerpos subvolcánicos de riocacita de la Fm. Monteverde al noreste del área mapeada en la Figura 17. Una, en particular, con dirección NW que pasa al sur del poblado de Laguna, al SW del cerro Zapotal, cruza entre Peñas Blancas y Targuasal, pasa por la finca La Laguna y luego va por el cañón del río Jabonal hasta su intersección con el río Barranquilla, y otra casi N-S, en la fila cercana a la corona del deslizamiento de Peñas Blancas, cortan el área (ver el mapa geológico en la Figura 17). Asimismo, en esta área surgen varias nacientes de agua, localizadas justo en el contacto entre la ignimbrita y las lavas y brechas sobreyacentes, en particular la llamada Tiza 1 (Figuras 17 y 29). Es posible que la combinación de los contactos litológicos, acuíferos con un flujo hidrodinámico intenso en los contactos geológicos, la alteración hidrotermal, la presencia de algún paleosuelo débil y las condiciones estructurales (tectónicas) en la localidad, han favorecido la generación y desarrollo del deslizamiento.

Además de la litología, calificada de acuerdo con la unidad geológica respectiva, se contempló la influencia de las fallas tectónicas sobre la calidad geomecánica de las litologías. Por lo general, su presencia ocasiona fracturación y alteración hidrotermal, por lo que debilita sus estructuras y reduce su resistencia. En el Cuadro 7 se muestran las condiciones, actividades, valor asignado y buffer, para cada falla respectiva. En la Figura 39 se incluye el factor de susceptibilidad litológica empleado en el modelo.

5.10.8 El deslizamiento de Peñas Blancas

Morfológicamente, en Peñas Blancas se distingue, al menos, un área de coluvios, con caídas de bloques grandes al borde del acantilado y del área origen del deslizamiento y dos sectores, superior e inferior, con un escarpe conspicuo al este de Peñas Blancas (Figuras 17, 29 y 30). De una grada de estos deslizamientos, en la parte baja este, entre el poblado y el río Jabonal, brotan aguas subterráneas y se forman lagunas y suampos (Figuras 26 y 29).

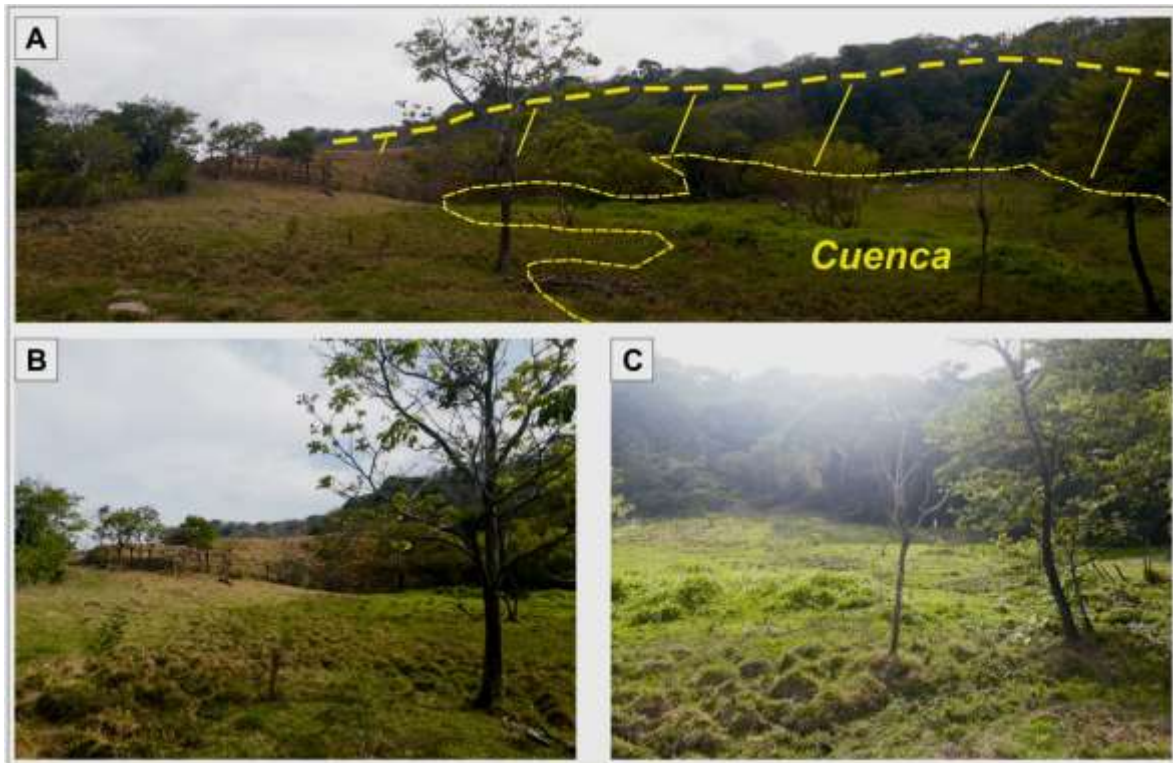


Figura 26. A: Escarpe (señalado en amarillo), al este de Peñas Blancas, que forma el frente de un lóbulo de deslizamiento frontal, que se extiende hacia el este hasta el río Jabonal, del cual brotan varios nacientes y forman suamos y lagunas. Foto con vista hacia el suroeste, desde las coordenadas 463 369 E-233 258 N (LCRN). B y C: Detalle de las cuencas lacustres transitorias y estacionales.

En general, esta parece ser el área más activa del deslizamiento, pues se relaciona con el escarpe morfológico, la salida de agua y provoca el origen de la inestabilidad de la masa del terreno sobre el que se asienta el poblado. Cascante et al. (2001) cartografiaron e interpretaron estas geoformas, e interpretaron la grada como un escarpe de deslizamiento activo (Figura 20 de Cascante et al., 2001: Figura 27). Con base en el análisis actual, a partir de los mapas topográficos detallados, con curvas de nivel cada 2 m, se ha podido contextualizar mejor esta área del deslizamiento activo frontal, así como áreas de inestabilidad de laderas al norte de Peñas Blancas, sobre la margen derecha del río Jabonal (Figuras 28 y 29).

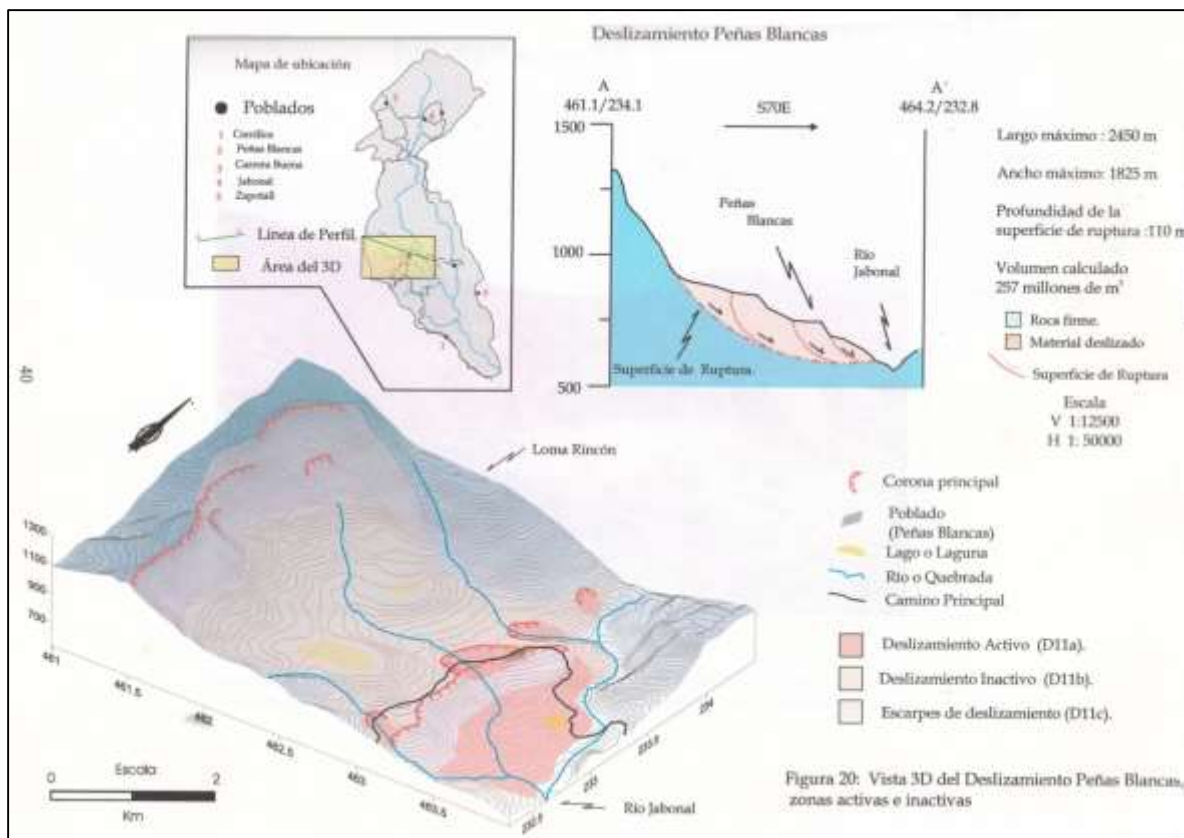


Figura 27. Interpretación tridimensional del deslizamiento de Peñas Blancas según Cascante et al. (2001; figura 20).

El deslizamiento de Peñas Blancas consiste de una cuña principal rotacional, más la traslación de una masa compuesta, principalmente, por detritos coluviales de las rocas de la Formación Monteverde, las cuales afloran en la fila Zapotal y que son principalmente lavas y brechas, y de la Ignimbrita Peñas Blancas (Figuras 28 y 29). La base y sustrato del deslizamiento, es decir sobre la cual se moviliza el terreno, son probablemente rocas del Grupo Aguacate, aunque no se ven aflorando en el sitio y las ignimbritas Peñas Blancas, que forman la base de los acantilados (Figuras 29 y 30). La superficie de ruptura puede haberse desarrollado, preferencialmente, sobre materiales con alteración hidrotermal y/o paleosuelos con algún grado de meteorización.

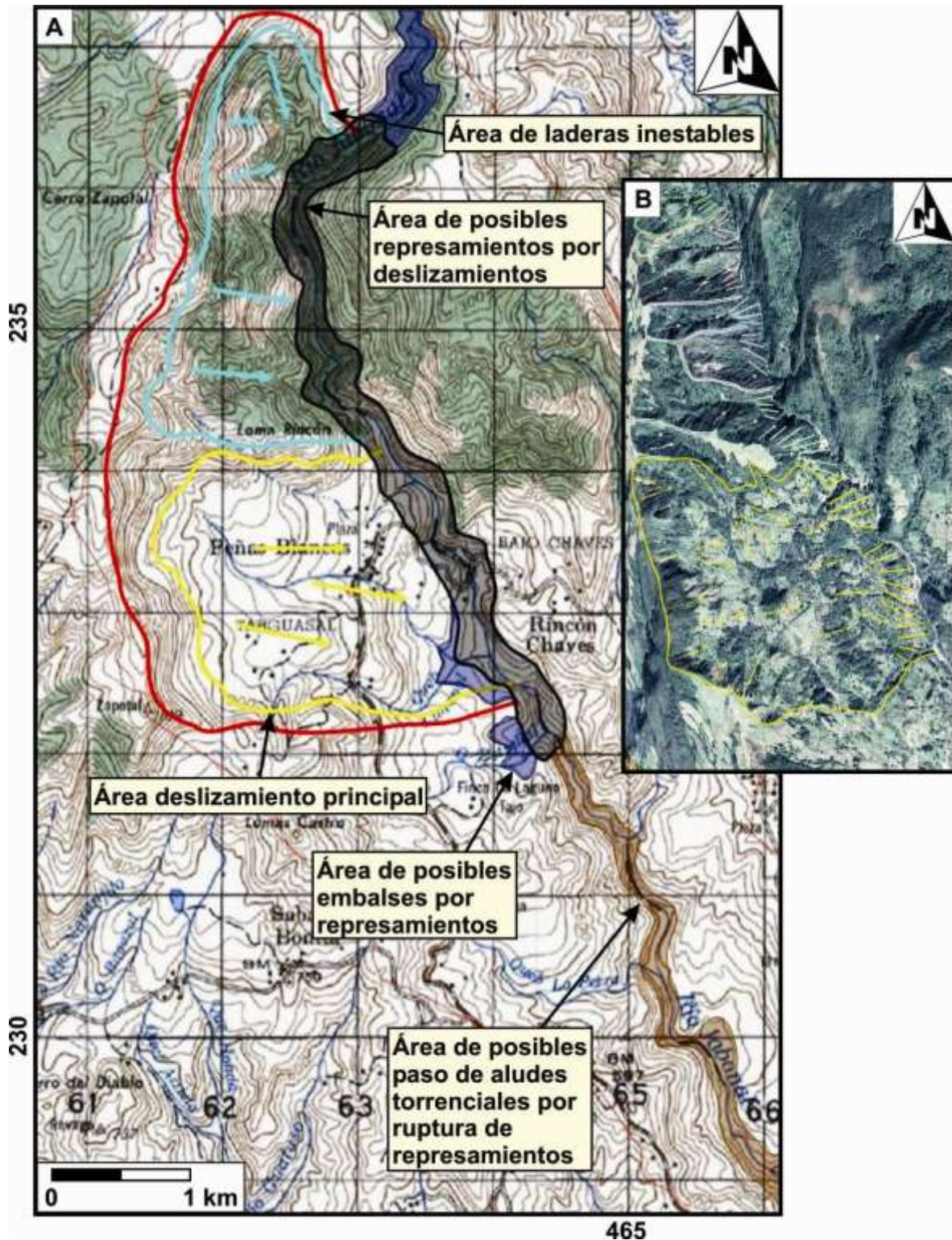


Figura 28. A: esquema generalizado del área del deslizamiento de Peñas Blancas (en amarillo) y áreas con inestabilidad de laderas al norte. Se muestran las áreas asociadas con procesos de geodinámica externa. B: Esquema principal visto en la imagen de *Google Earth*® a la misma escala.

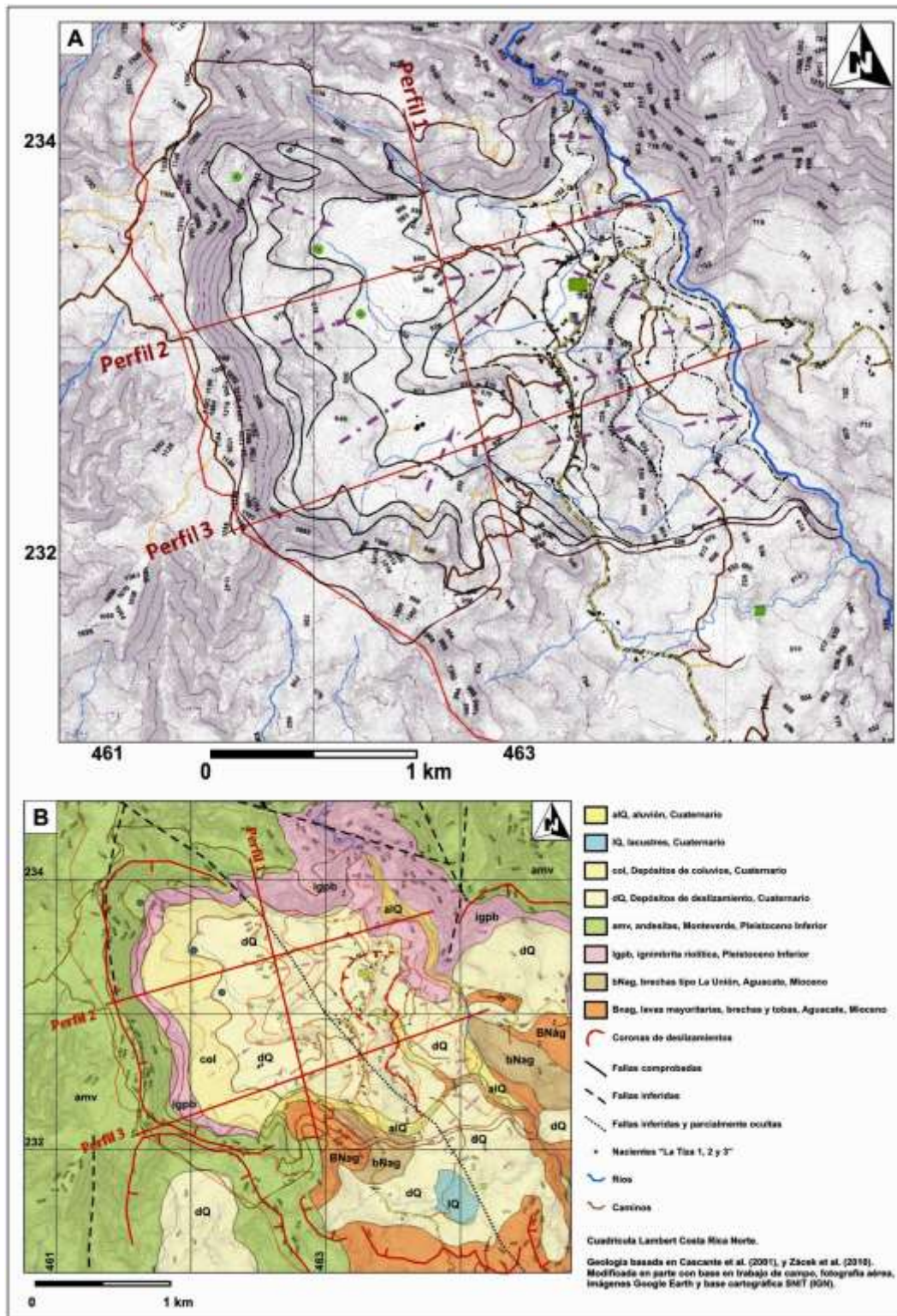


Figura 29. Interpretación geomorfológica (A) y geológica (B) del área del deslizamiento de Peñas Blancas, a partir del análisis detallado del mapa topográfico y las imágenes satelitales (*Google Earth*®). Los perfiles se muestran en la Figura 30.

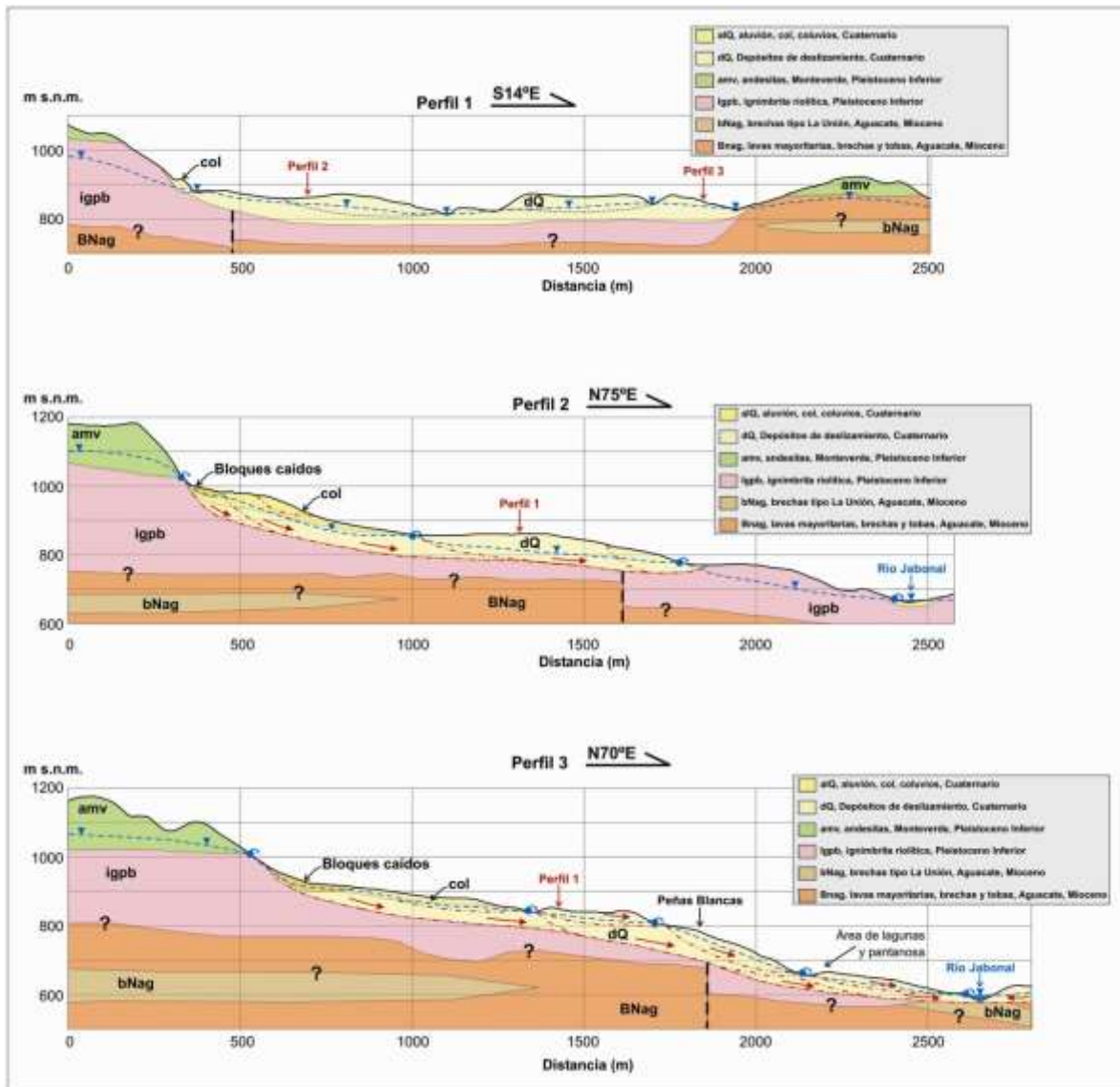


Figura 30. Interpretación de los perfiles.

La caracterización de los aspectos hidrogeológicos, es decir, de las aguas subterráneas, acuíferos y sus características hidrodinámicas (niveles freáticos, redes de flujo, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, etc.), no forman parte de este análisis, pues requieren de estudios especializados y de instrumentación específica (perforaciones, piezómetros, pruebas de bombeo, geofísica, etc.)

Al contarse con los espesores del deslizamiento, el cálculo del volumen deslizamiento en el sitio de Peñas Blancas, es de 60 millones de m^3 .

6. Análisis de la amenaza de la inestabilidad de laderas

En este apartado se desarrollan los parámetros de susceptibilidad de laderas y los mecanismos de disparo que comprenden la metodología de Mora&Vahrson. En esta oportunidad se aplica la información de disparo por diferentes períodos de recurrencia, para contar con un escenario de inestabilidad de laderas. El desarrollo detallado de la metodología, con la obtención de cada uno de los factores, se incluye en el Anexo 3.

6.1 Inestabilidad de laderas final

Luego de diferentes pruebas de escenarios, variando los factores relacionados a la sismicidad, la intensidad de lluvia y la humedad intersticial del suelo, el escenario seleccionado corresponde a la mezcla de dos de los rangos de escenarios según la ecuación deducida para la inestabilidad de laderas Figura 31, y para un factor de relieve basado en las pendientes, con un disparo por lluvias (D_p) con duración de 24 horas y 100 años de periodo de retorno, con un disparo sísmico (D_s) de 500 años de periodo de retorno.

En la Figura 32, se ha llevado la inestabilidad de laderas de 5 a 3 valores, esto es una inestabilidad expresada en forma semafórica, para facilitar la comprensión del mismo, y es el producto que se usará en exposición – vulnerabilidad y en siguientes análisis.

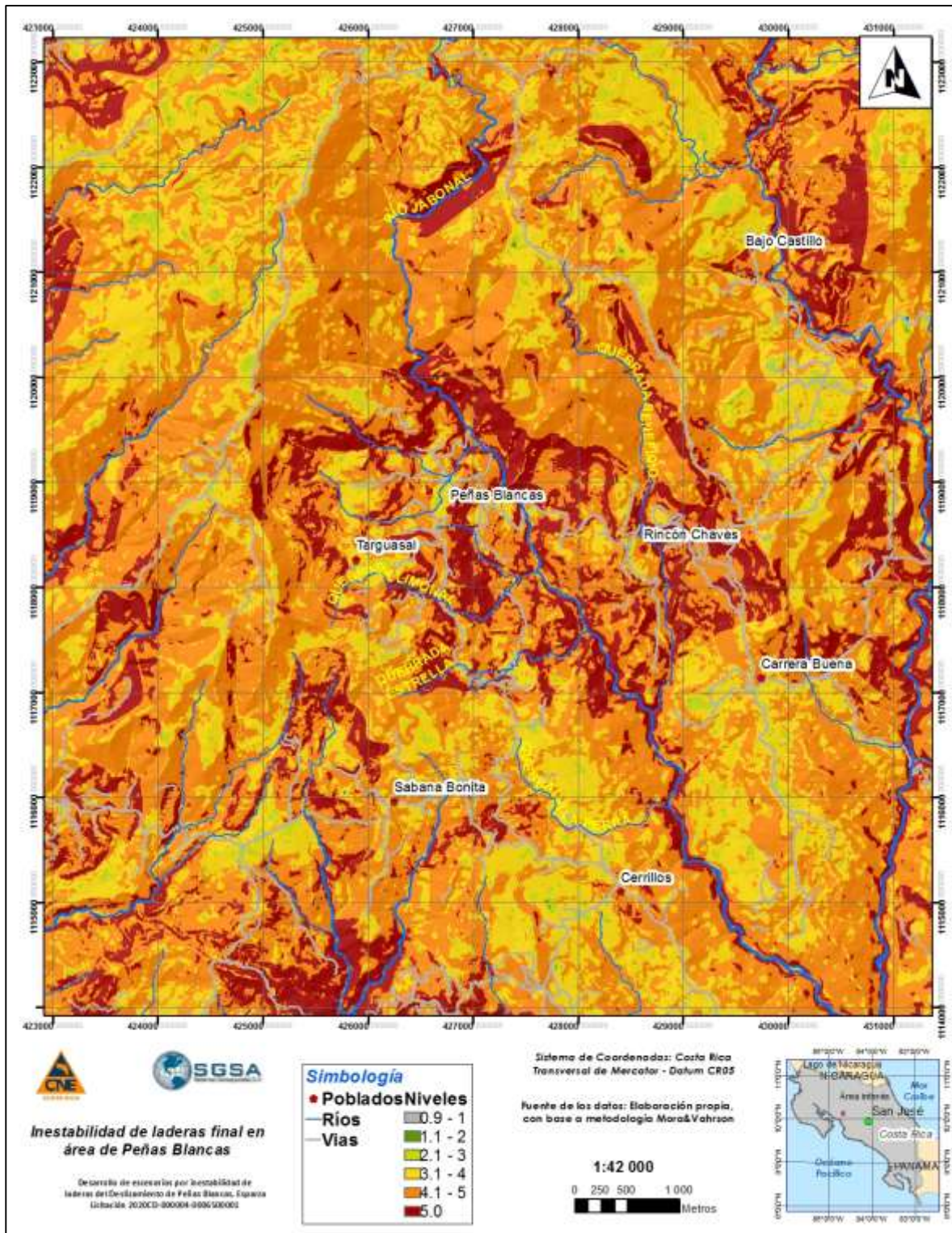


Figura 31. Inestabilidad de laderas final para el área de Peñas Blancas
Fuente: elaboración propia con base en metodología Mora&Vahrson

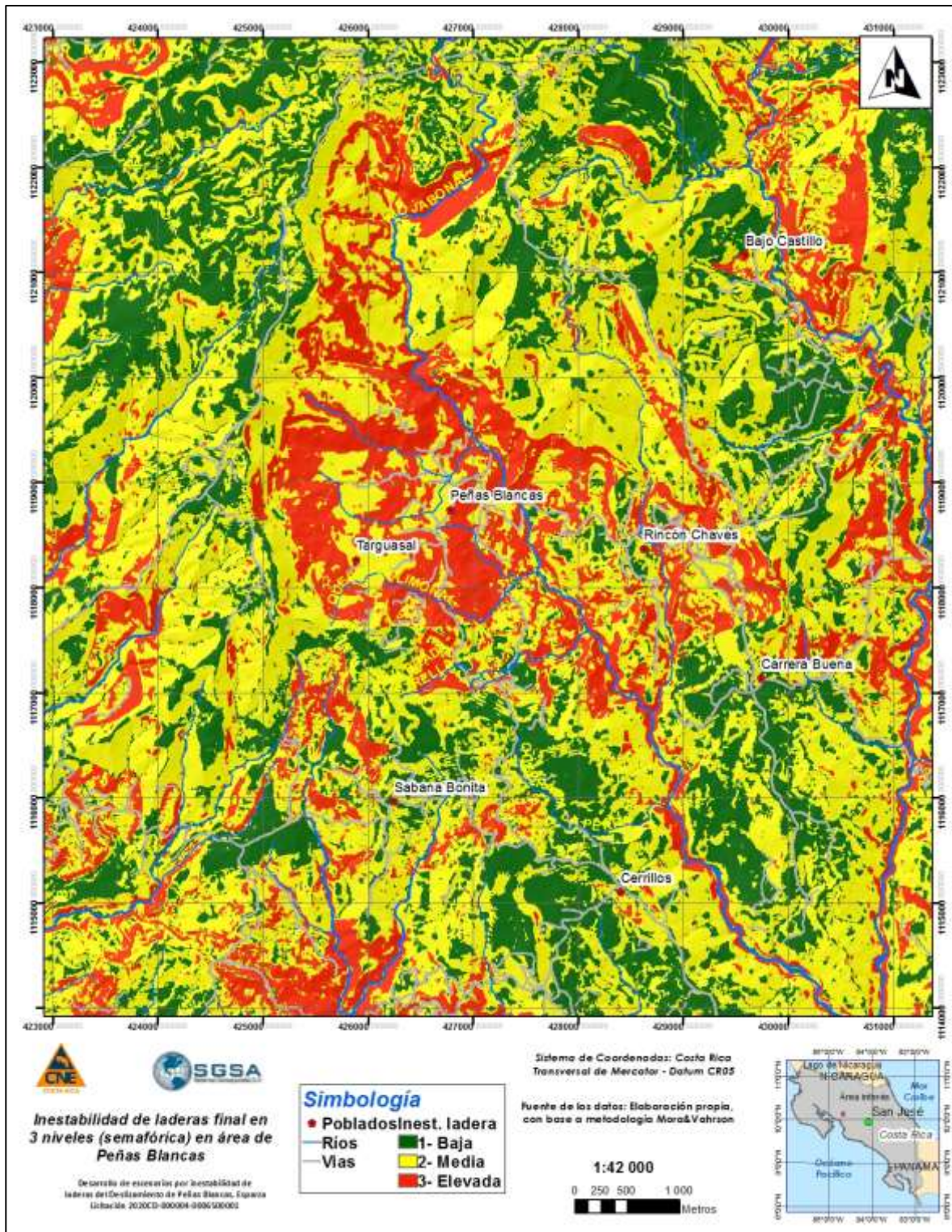


Figura 32. Inestabilidad de laderas, expresada en 3 niveles, para el área de Peñas Blancas
Fuente: elaboración propia con base en metodología Mora&Vahrson

7. Volumen del deslizamiento

Para el deslizamiento en el área de Peñas Blancas se realizan los cálculos del volumen aproximado que se está moviendo, para esto con los perfiles analizado se estiman las alturas del deslizamiento, En la Figura 33, se incluye las alturas estimadas del deslizamiento.

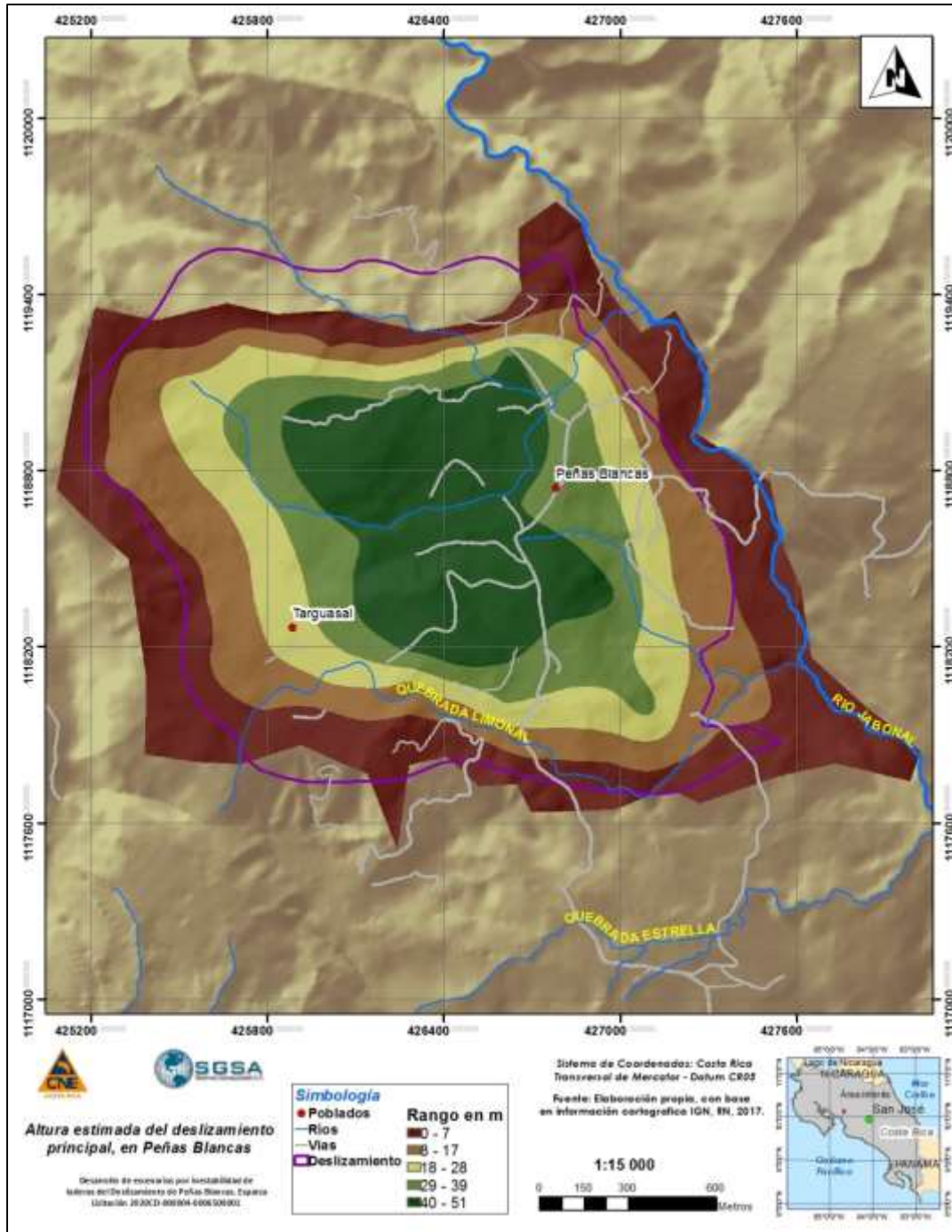


Figura 33. Altura aproximada del deslizamiento
 Fuente: elaboración propia, con base en MNT de 2 metros.

Al contarse con la alturas del deslizamiento, y dado que el pixel es de 2 metros, el volumen para cada pixel se calcula como $4 * \text{Altura de deslizamiento}$, así en la Figura 34 se muestra el volumen por celda o pixel, del área bajo análisis.

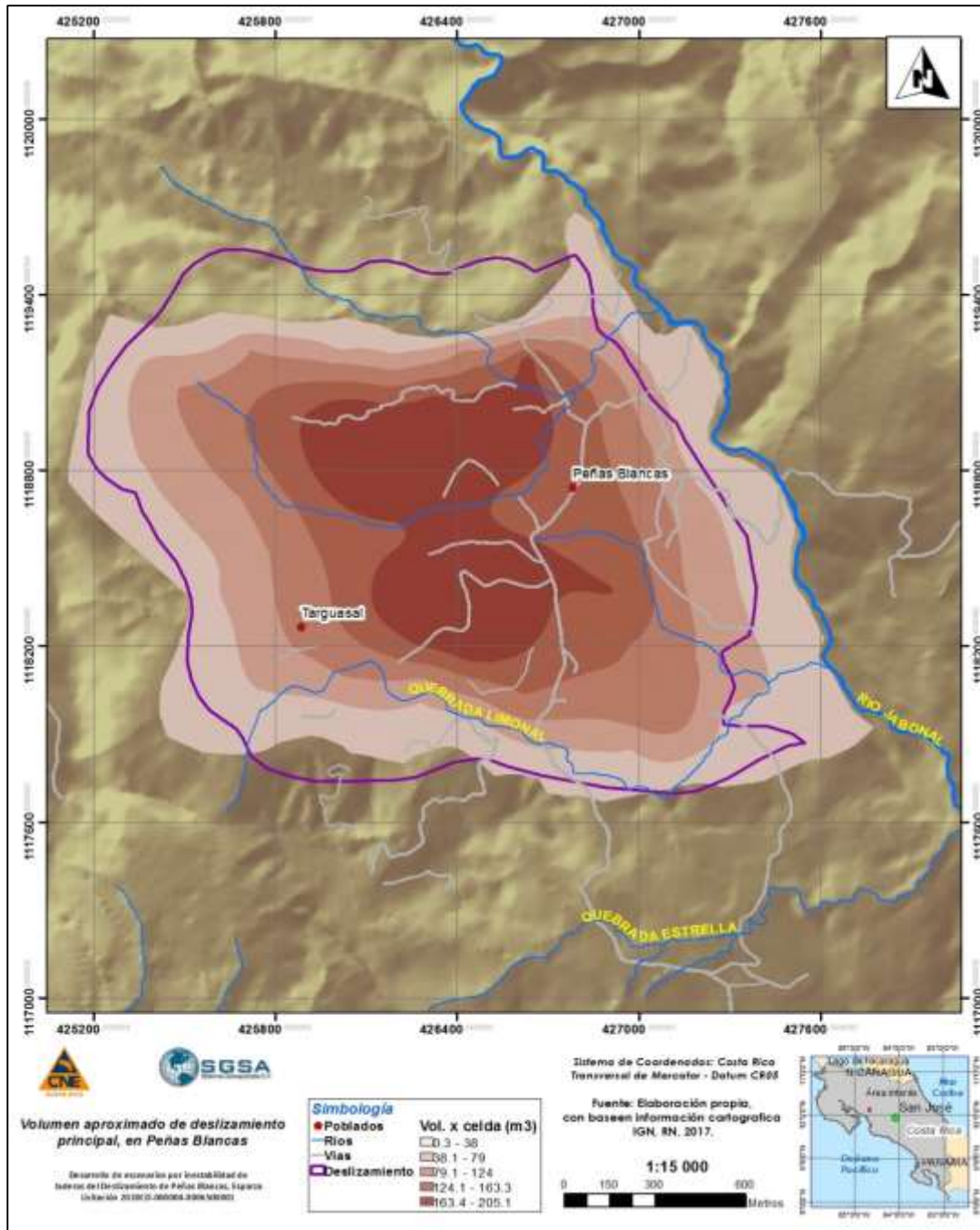


Figura 34. Volumen por celda aproximado del deslizamiento
Fuente: elaboración propia, con base en MNT de 2 metros

En el Cuadro 4 se incluye el resumen del cálculo del deslizamiento en el sitio de Peñas Blancas, que se estima en 72,7 millones de m³.

Cuadro 4. Resumen del volumen del deslizamiento

Resumen cálculo volumen deslizamiento	
Pixeles	834634.00
Area (m ²)	3338536.00
Altura media (m)	18.14
Volumen (m ³)	60561043.04
Volumen (millones m ³)	60.56

8...Exposición-vulnerabilidad

La exposición se define como la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales.

8.1 Vulnerabilidad con límites administrativo – políticos y/o censos.

En un intento por definir la vulnerabilidad espacial en el país se han utilizado aproximaciones vía límites políticos administrativos, que van de cantón, provincia, y más recientemente a segmentos censales y/o unidades geo-estadísticas mínimas. Lo anterior aplica muy bien en estudios macro-nacionales escala 1:25.000.

En el caso de Peñas Blancas, en la Figura 35, se puede observar el uso de las Unidades Geo-estadísticas Mínimas (UGM), donde se observa el área del deslizamiento en la cercanía de Peñas Blancas, en rojo, y el significado de la densidad de vivienda ubicando rangos de 16 a 25, y de 4 a 7 vivienda por Km², en el polígono se puede leer 22 y 6 viviendas por Km², respectivamente, esto con información al 2015.

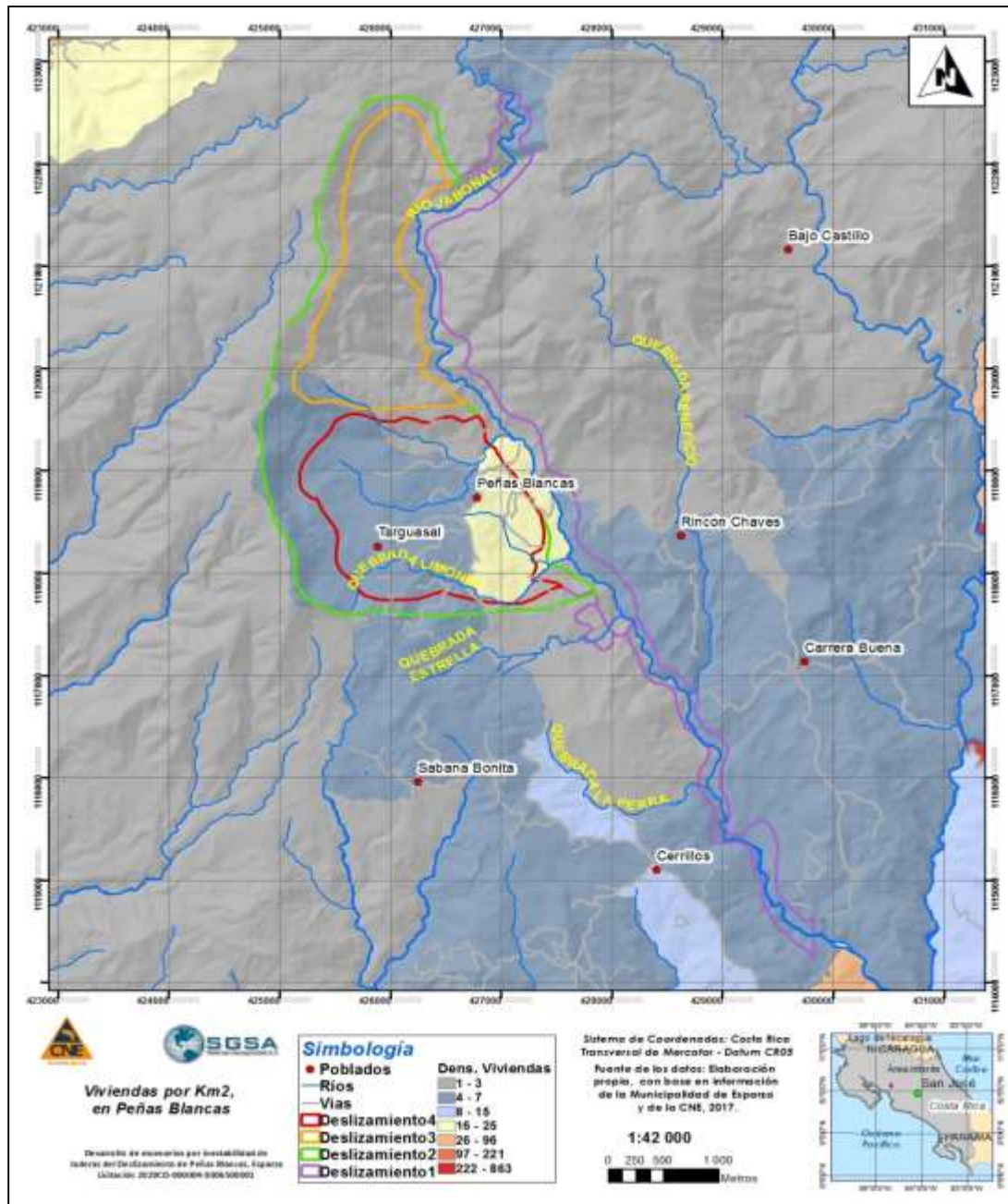


Figura 35. Exposición a través de UGM, en área de Peñas Blancas

Fuente: elaboración propia con base en datos Municipalidad de Esparza y CNE, 2017

Igualmente los términos de referencia solicitan distribuciones etarias de población, esto es calificar a los individuos que tienen la misma edad, con el objeto de asignarles una “vulnerabilidad” a los menores de edad o a las poblaciones mayores. Por la dificultad que implica ponerse a salvo de una amenaza. Esto se ha utilizado en diversos proyectos y estudios, por ejemplo, ESPREDE-Guatemala por Saborío, 199. En la actualidad y en escala local hay una tendencia a tomar decisiones equivocadas con este concepto. Sin embargo, se presenta el análisis para no incumplir con los términos de referencia, a sabiendas que es una generalidad que solo sirve a nivel de macroplanificación. En la Figura 36 se muestran los segmentos censales en el área de interés.

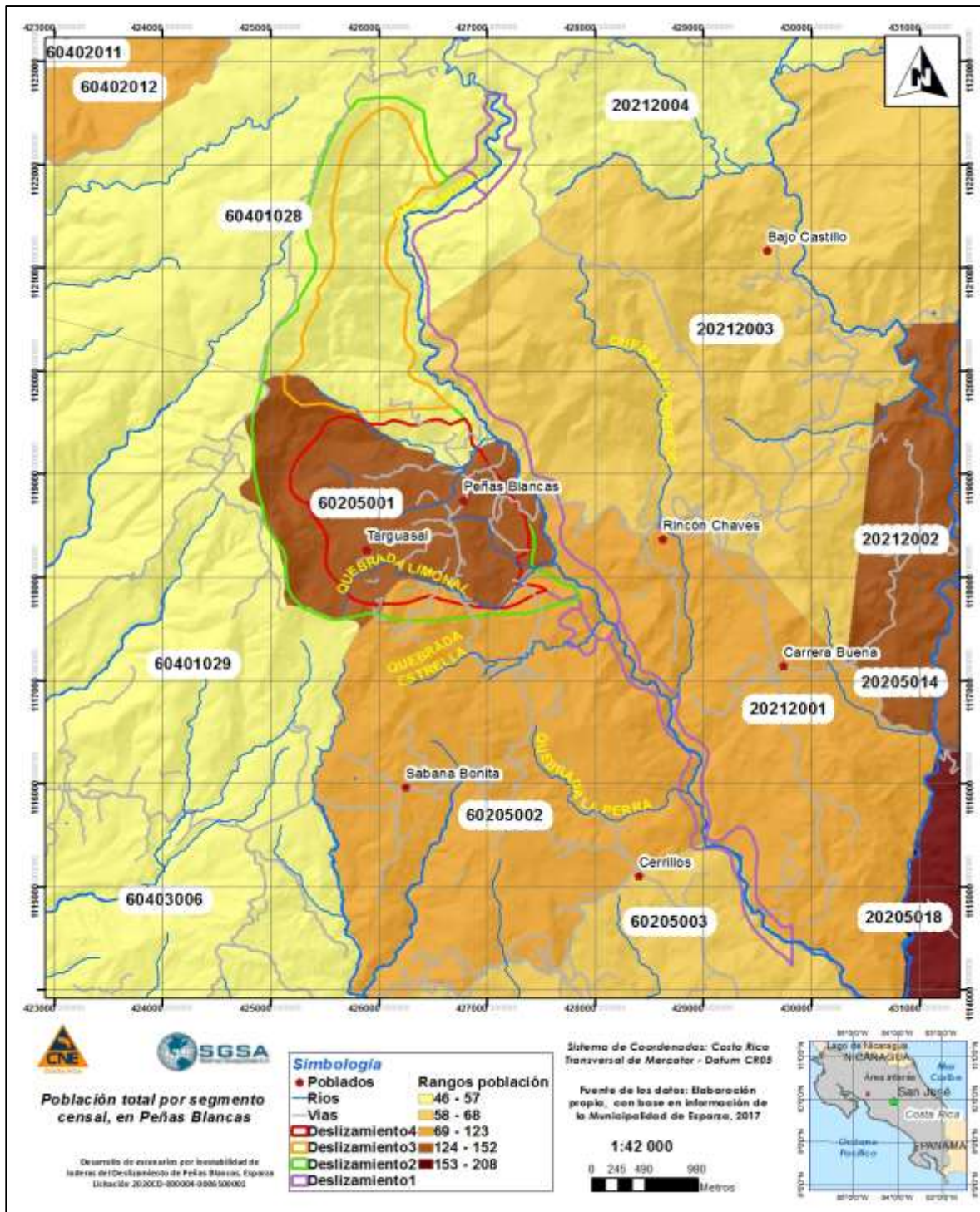


Figura 36. Rangos de población en segmentos censales en área de interés. Elaboración propia a partir de información de Municipalidad de Esparza, 2017

En la Figura 37 se incluye la población masculina, femenina y total por segmento censal, de los 7 segmentos alrededor de la población de Peñas Blancas.

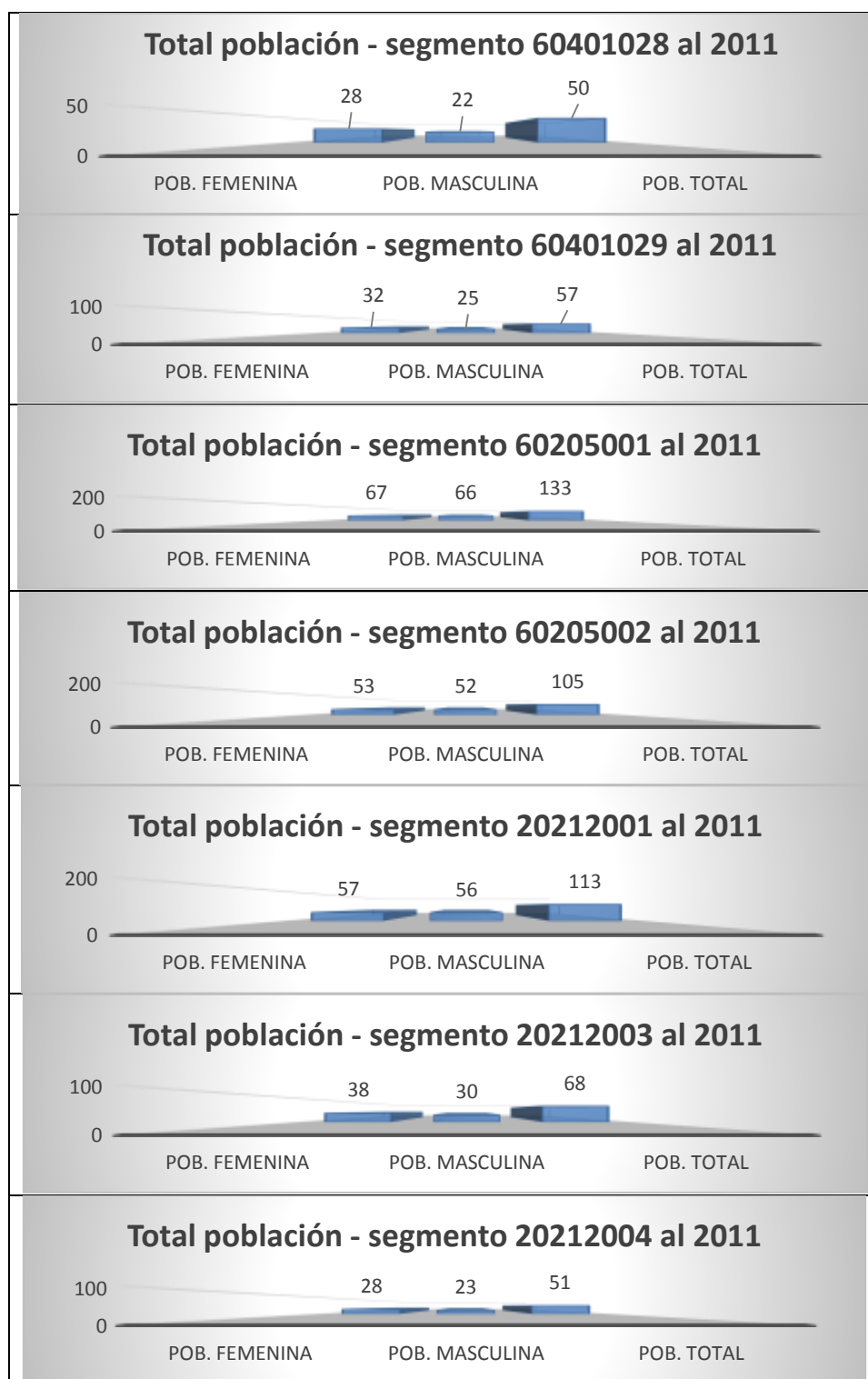
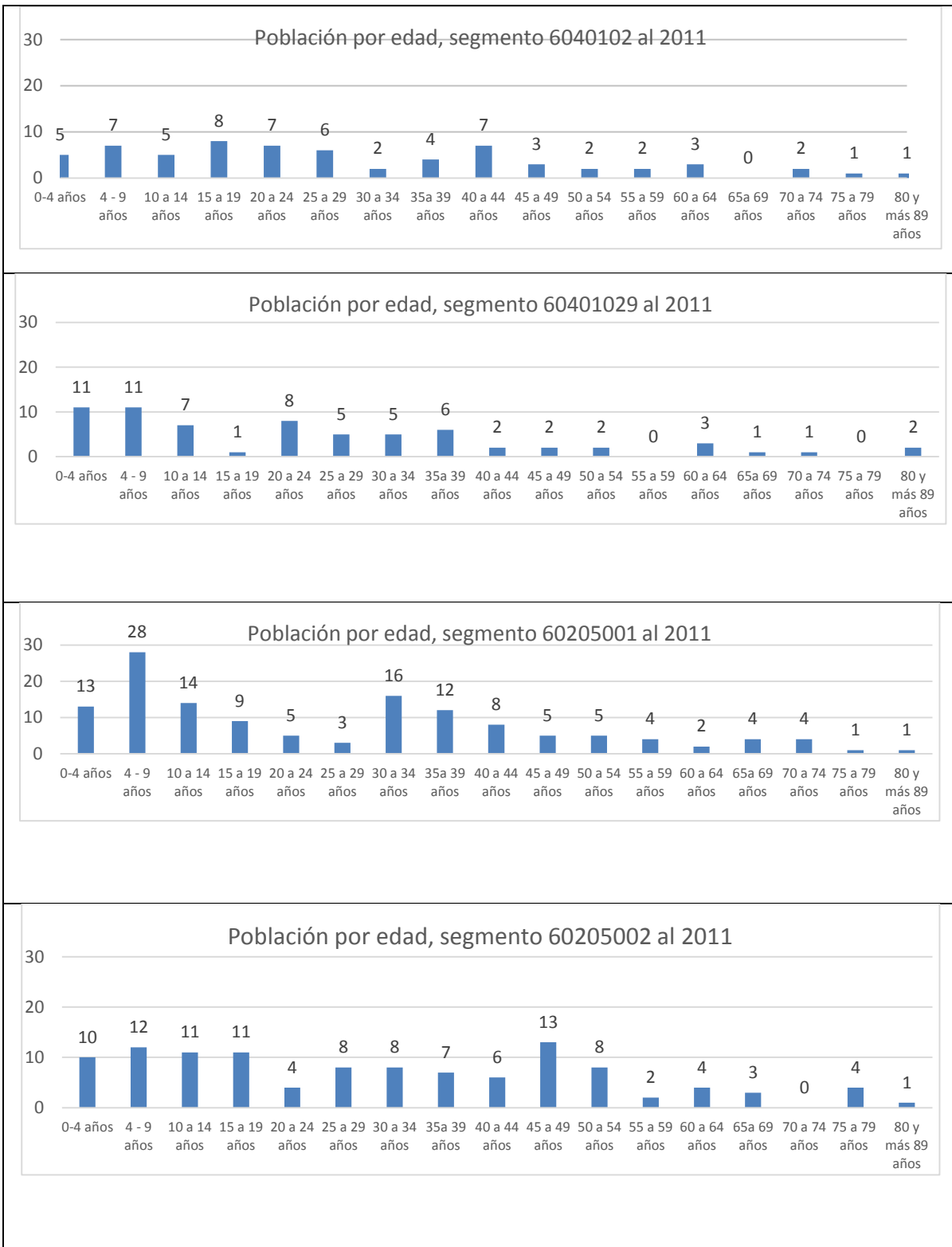


Figura 37. Rangos de población en segmentos censales en área de interés.
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de segmentos censales, 2011



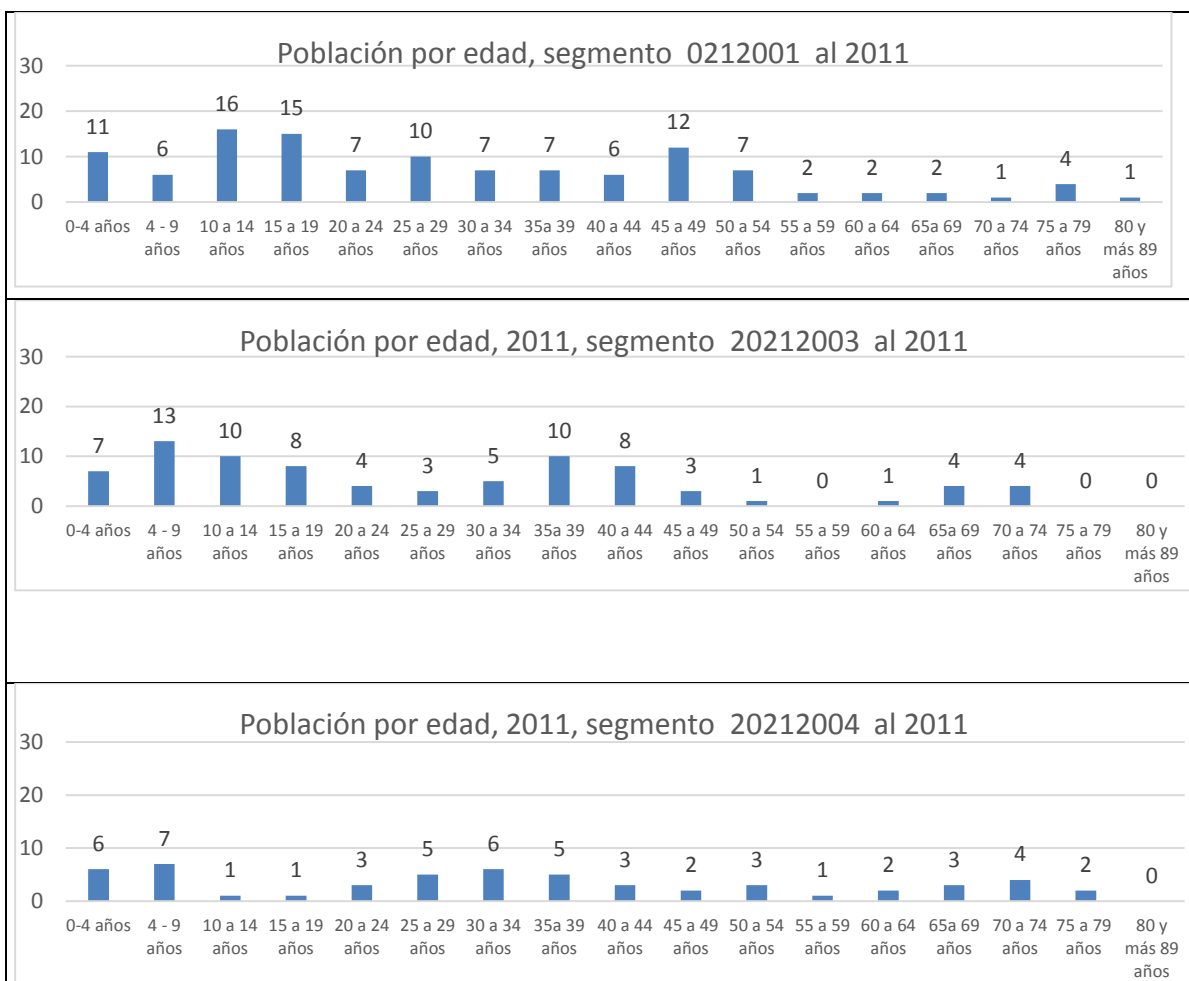


Figura 38. Población por rangos de edad, por segmentos censales en área de interés.

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de segmentos censales, 2011

Para el 60205001, como el más representativo del área del deslizamiento principal, se reportaron 133 personas, en 2011 que se podrían extrapolar a una tasa de 0.89 INEC, 2018 a 180 personas. Y en la actualidad se contabilizaron en sitio 302 personas, con una distribución por edades muy diferentes, debido que la población en edad secundaria y universitaria reside fuera del área, y la escolar solo recibe 7 niños, de 28 que se tenían en 2011, con una tendencia a la baja.

La razón puede ser la pandemia y la falta de internet y de acceso a telefonía celular en el área, lo que obligó a la reubicación de esta población, lo cierto es que esta información no ayuda a la toma de decisiones, y se cae en una situación contraria a "ceteris paribus", porque no se dió el crecimiento esperado en este sitio y habría que ahondar que ha pasado, si las personas se han reubicado o bien pareciera usan esta localidad para actividades productivas diarias y no para habitación, salvo los lugareños con una historia de vida en el lugar. En todo caso el partir de la información de población social conduciría a errores fundamentales en cálculos espaciales y de la exposición-vulnerabilidad, con modelo GIGO "garbage input garbage output", cuando se trabaja a escala local 1:5,000 o más detalle.

8.2 Vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad (V), se ha definido como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o 100%, o pérdida total. En este sentido y dado que las funciones de daño están limitadas para la inestabilidad de laderas, los autores proponen para el sitio, las siguientes ecuaciones, mostrada en la Figura 39. Igualmente se pueden usar los rangos mostrados en el Cuadro 5.

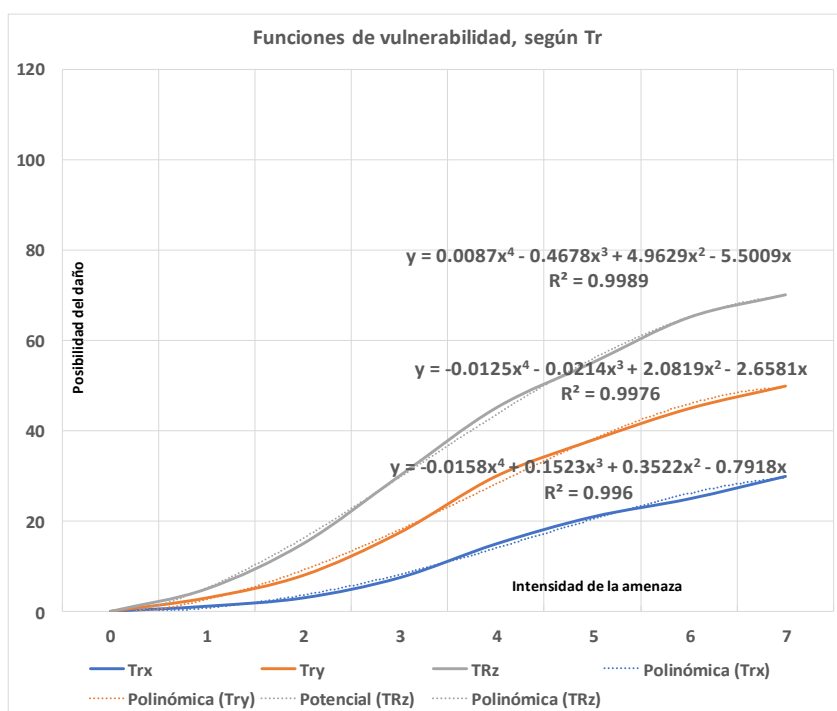


Figura 39. Funciones de daño para inestabilidad de laderas en área de interés.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Probabilidades del daño en porcentaje, para intensidades de inestabilidad de laderas

Ad	Rangos	Intensidad	Probabilidad del daño en %		
			Trx	Try	Trz
		0	0	0	0
I	0-40	1	1.15	3	5
II	40-120	2	3	8	15
III	120-240	3	7.5	17.5	30
IV	240 – 400	4	15	30	45
V	400 -580	5	21	38	55
VI	> 580	6	25	45	65

A partir del Cuadro 5, se puede pasar de uno de los escenarios de inestabilidad de laderas a un mapa de probabilidad de daño, y en particular utilizando el Trz, como como aplicable a la inestabilidad de laderas proveniente de la lluvia de 24 horas, para Pr=100 años y de la sismicidad de Pr=500 años, se puede obtener la representación de la probabilidad de daño en el área de Peñas Blancas, mostrada en la Figura 40. En este caso para inestabilidad de laderas baja se adoptó un 10%, para media un 37.5%, y para alta un 60%. Se debe señalar que estos valores son aceptables para el tipo de deslizamiento presente en el área, descartando un daño del 100%, que solo se daría en un evento mue extremo.

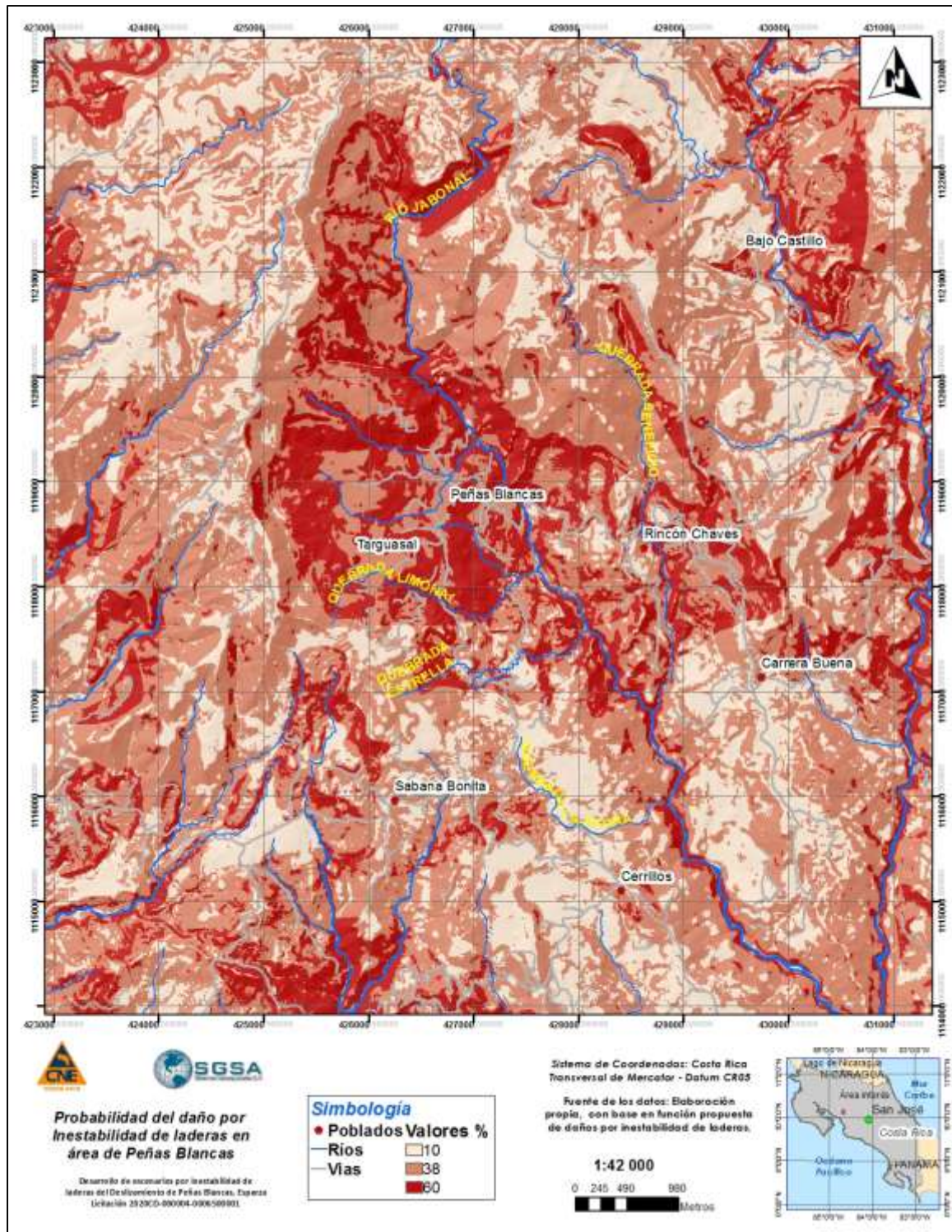


Figura 40. Probabilidad del daño por efecto de la inestabilidad de laderas

Fuente: elaboración propia

En la Figura 39 se valoró el posible daño a la vialidad y a la infraestructura, Para la vialidad se asumió un ancho de 14 metros para todas las vías, y para la infraestructura se dejó la misma área de la restitución de la ortofoto a la escala 1:5,000.

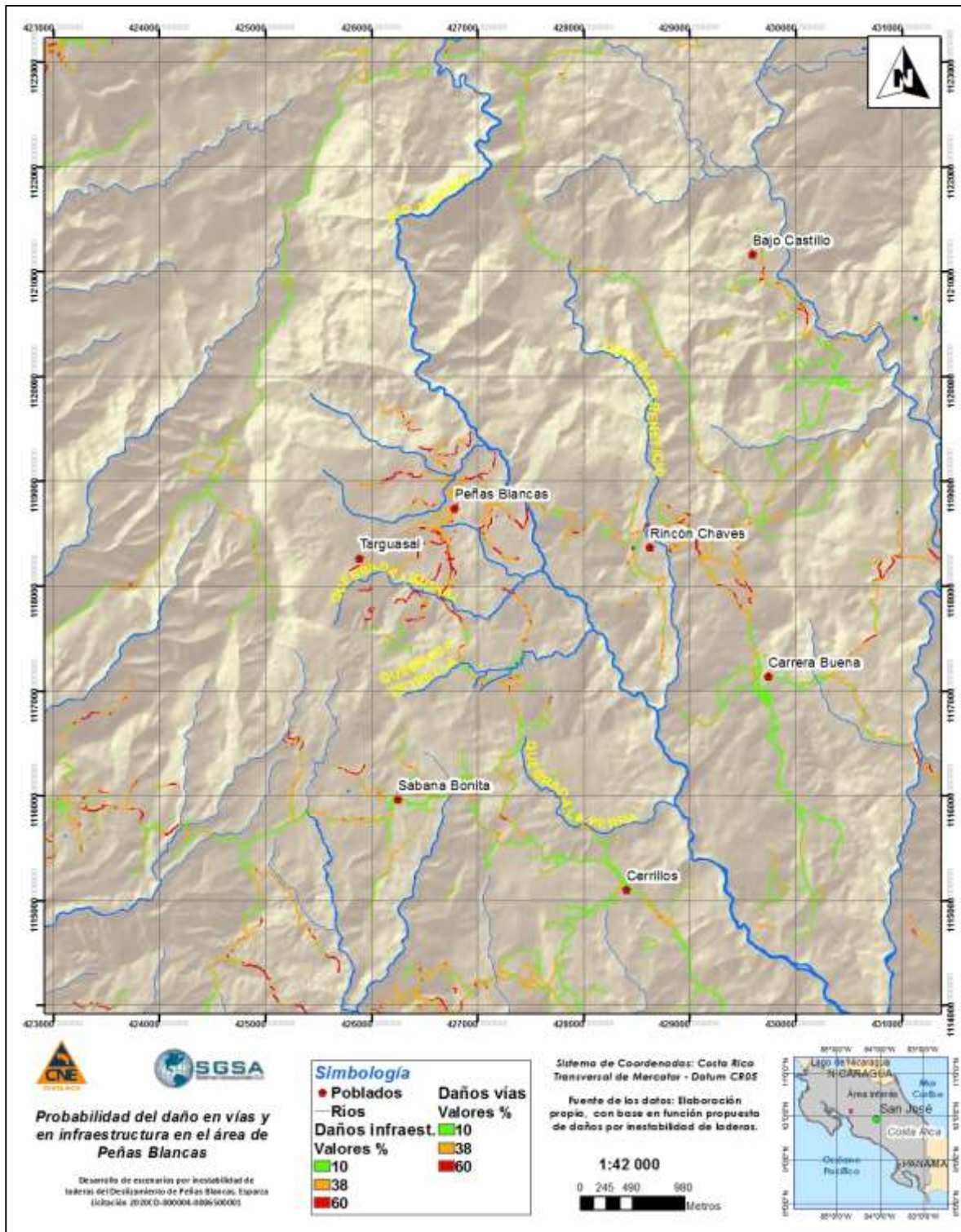


Figura 41. Probabilidad de daño a la vialidad y a la infraestructura, en área de Peñas Blancas

En la Figura 42 se muestra un acercamiento de la probabilidad del daño en el área del deslizamiento principal.

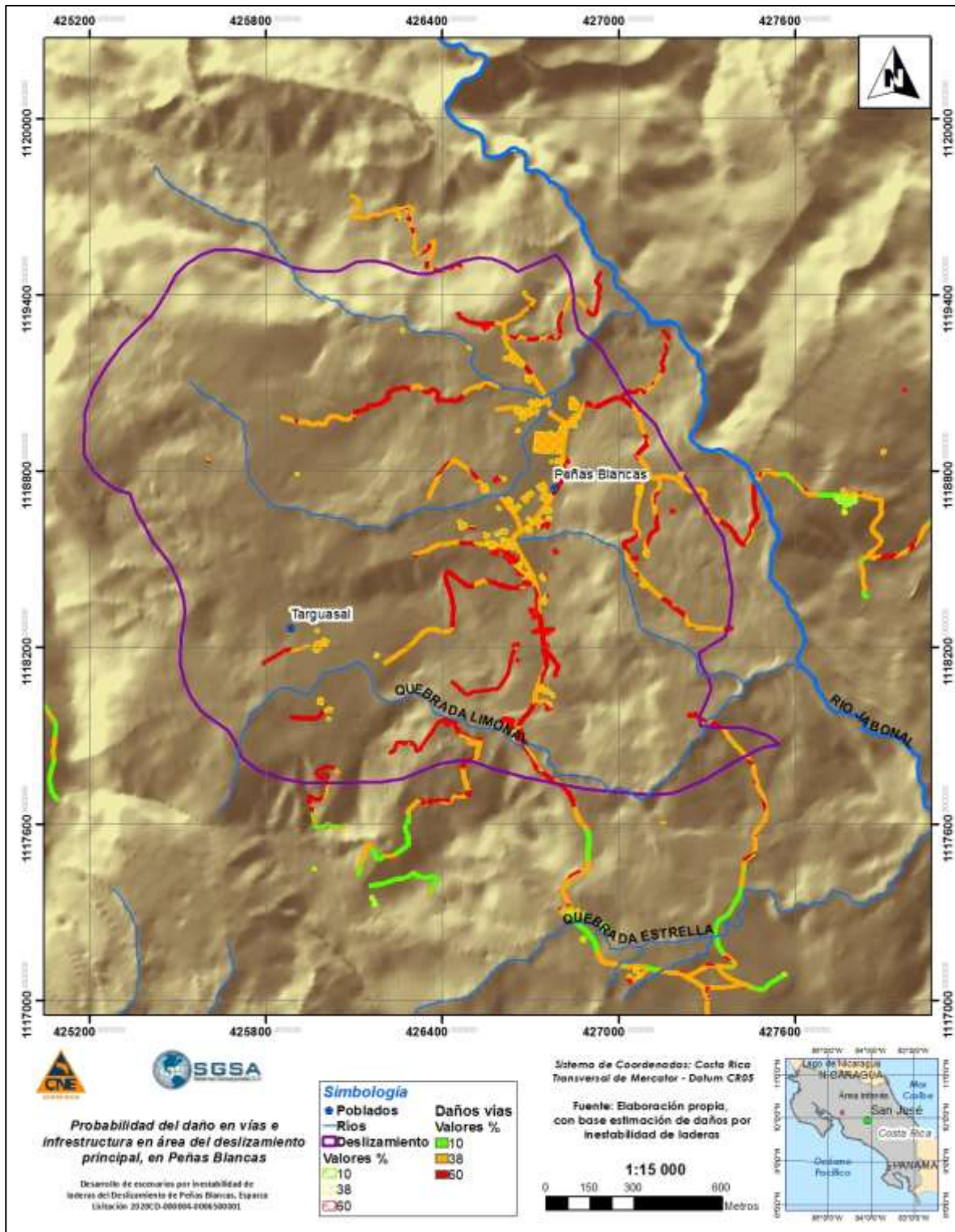


Figura 42. Probabilidad de daño a la vialidad y a la infraestructura, en área del deslizamiento principal en Pelas Blancas

8.3 Inventario a detalle

En vista de la deficiencia mostrada, se toma la decisión de realizar un inventario de las viviendas, infraestructura e Instituciones en el sito de Peñas Blancas. En el Anexo 3, de detalla la ficha para contar con información.

A nivel institucional, se cuenta, con las siguientes instituciones presentes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Instituciones que interviene en el área de Peñas Blancas

Numero	Nombre
1	Ministerio de Salud - EBAIS
2	Ministerio de Educación
3	Acueductos y Alcantarillados
4.	Instituto Costarricense de Electricidad
5.	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
6.	Consejo Nacional de Vialidad
7.	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
8	Municipalidad de Esparza
9	Iglesia católica
10	Comité local de Emergencias de Peñas Blancas

A nivel de cada sitio inventariado valorado en campo en el Anexo 5, se incluye el resumen de la información. En forma general el Cuadro 7 resume la información del sitio.

Cuadro 7. Resumen de información de inventario en campo

Información inventario	Número/valor	Notas
Población	302	No se tiene el datp de nivel de ocupación de las vivienda
Area constructiva	44828.84	Area constructiva
Costo estimado por area, 2019	\$16 977 025.75	Costo estimado en dólares
Costo colones/area	₡227 224.60	Costo estimado por área
Casas	81	incluye casas de recreo, cabañas, apartamentos
Rancho turístico	1	
Salon comunal	1	
Vestidores / cacha	1	
Ebais	1	
Escuela	1	
Iglesia	1	
Local comercial	3	
Corrales	2	
Bodega	1	
Total	93	
Problemas en viviendas	31.18%	Se verificaron grietas en pisos, aredes, separaciones de juntas

En la Figura 43 se incluye los sitios en el ares del deslizamiento, el que la mayoría de las vivienda e infraestructura se ubiquen en un área marcada como media, no debe confundir al lector, dado que el deslizamiento se mueve siguiendo el límite en rojo como un bloque, por lo que la infraestructura se ve afectada en agrietamientos, cambios de nivel de terrazas, en las vías, fuentes de agua de AyA y otros. En el anexo 5 se clasificación la inestabilidad de laderas y se incluyó el % de daño de cada infraestructura. En la base de datos se hizo estimado de costos de pérdidas, por ser información sensible. En la Figura 44 se incluyen los sitios inventariados calificados por inestabilidad de laderas.

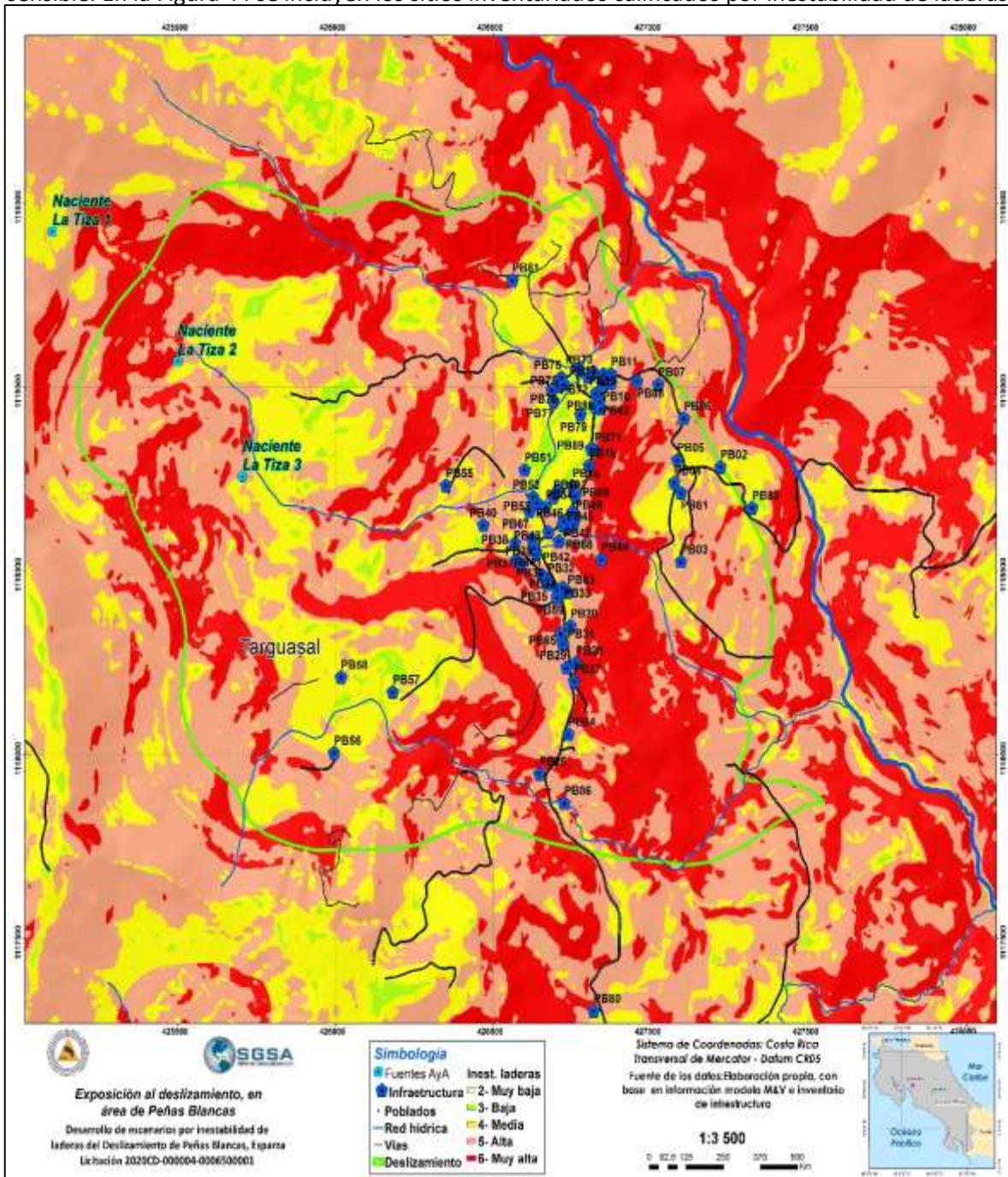


Figura 43. Exposición a través del inventario en área de Peñas Blancas

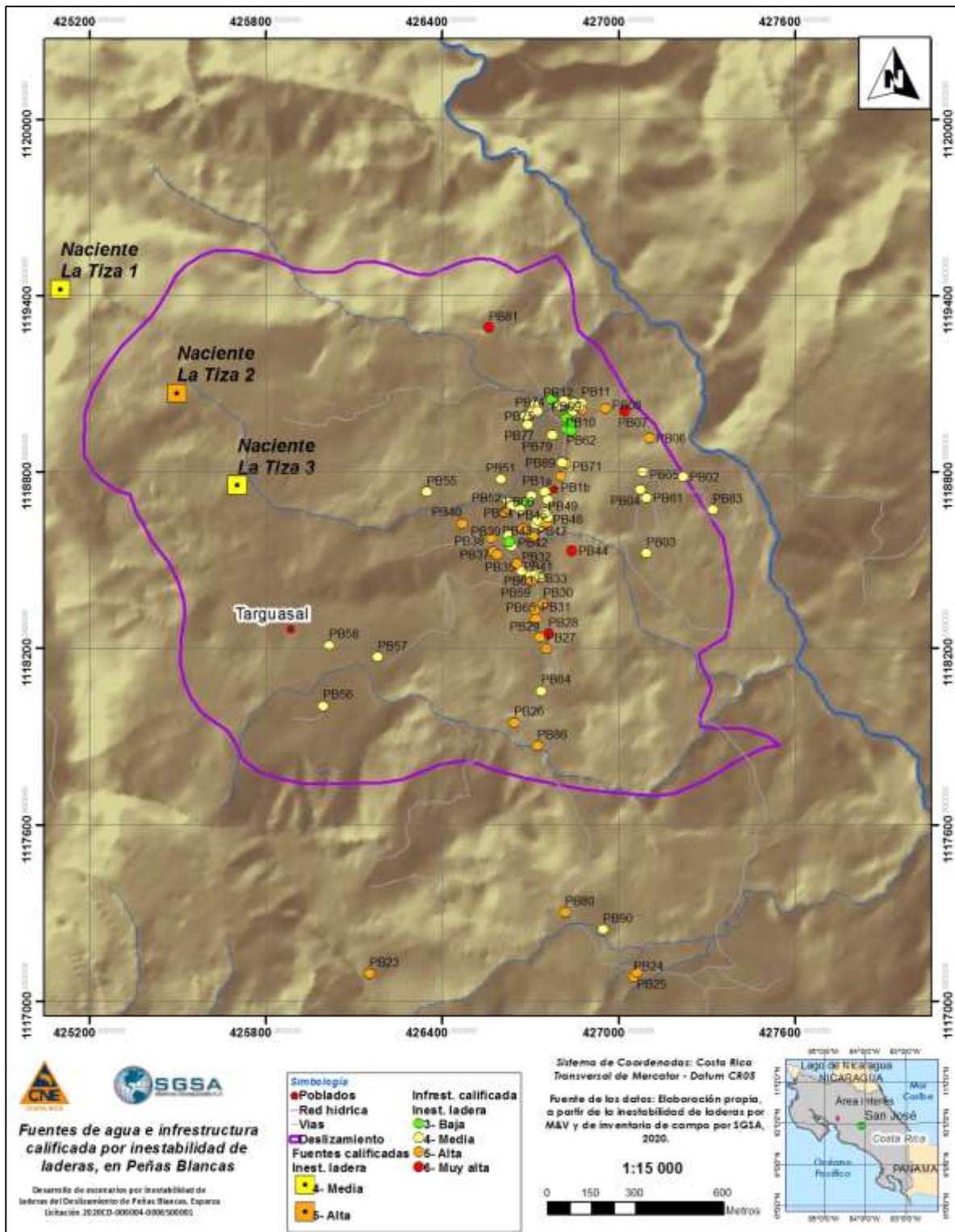


Figura 44. Sitios inventariados calificados por inestabilidad de laderas, en área de Peñas Blancas

9. Caracterización de la vulnerabilidad y medidas de intervención. Establecimiento de una línea de base

a) Uso actual de la tierra y capacidad de uso, conflictos del uso.

Se aplicó la metodología según el Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM para establecer las áreas de conflictos de uso, esto es el uso correcto, concordante o recomendado, versus la subutilización y/o sobreutilización. Para ello, fue realizada una correlación espacial, por superposición del Uso Actual de la Tierra y de la Capacidad de Uso de las Tierras.

Esto ha permitido elaborar varias propuestas de reordenamiento del recurso tierra, de modo más claro y apropiado, el cual, en conjunto con los mapas de las amenazas naturales, constituyen un punto de partida para la aplicación de los instrumentos del ordenamiento territorial y de los Planes Reguladores. Fue utilizada una matriz para determinar la condición del uso de cada tipo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Matriz para determinar la condición de uso de la tierra

CATEGORIAS DE USO DE LA TIERRA	A	PB	SPRC	FR	BP
	(I, II, III, IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
Cultivos Anuales (CI) (1)	U(2)	U(2)	Ot (3)	O(4)	Ot (4)
Cultivos Perennes (Csl) (2)	U(2)	U(2)	U(2)	O(3)	Ot (4)
Pastos (P) (3)	U(2)	W(1)	Ut(2)	O(3)	Ot(4)
Bosque natural (Bn) y secundario (4)	W(1)*	W(1)	W(1)*	W(1)	W (1)
Charral (Rpm) y Tacotal (5)	U(2)	W(1)	U(2)	W(1)	W(1)
Tierras misceláneas (terrenos yermos) (6)	U(2)	W(1)	U(2)	W(1)	W(1)
Agua y anegados (7)	W(1)	W(1)	W(1)	W(1)	W(1)
Urbano (8)	W(1)	W(1)	W(1)	O(3)	Ot(4)

Fuente: SGSA (2010)

Las claves de esta matriz son las siguientes:

Símbolo	Criterios de definición
W:	Utilización dentro de su capacidad, con y sin tratamientos de conservación (1)
U:	Subutilizados (2)
O:	Sobreexplotado (3)
Ot:	Gravemente sobreexplotado (4)

La combinación del mapa de capacidad del uso de la tierra, con el uso u ocupación de la tierra permite obtener las divergencias del uso de la tierra, que se presenta en la Figura 45. En el Cuadro 9 se incluyen las áreas por tipo de divergencias para el área de interés.

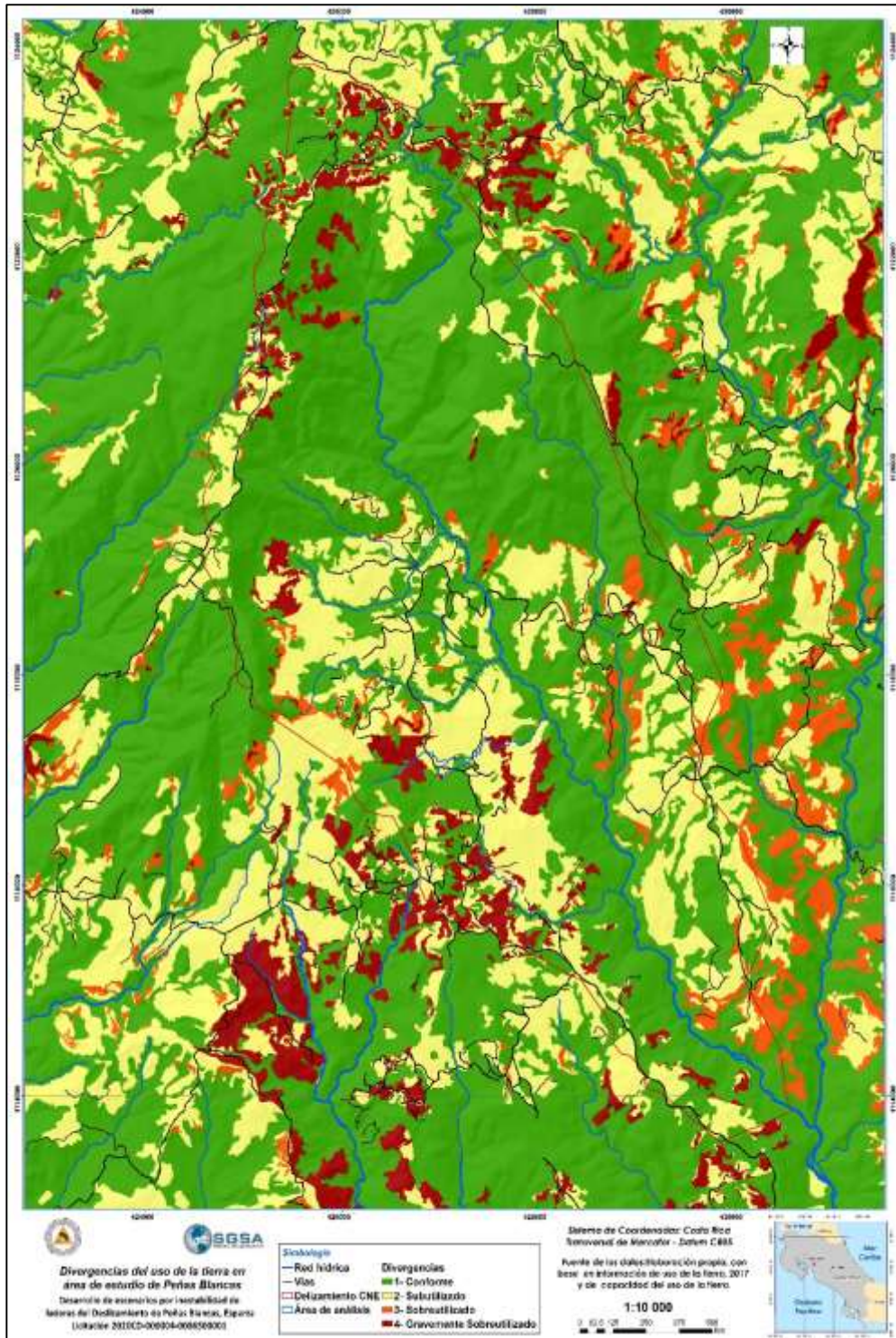


Figura 45. Divergencia de uso de la tierra para en el área de Peñas Blancas. Elaboración propia, siguiendo metodología de Capacidad de uso de la Tierras

Cuadro 9. Áreas de divergentes en el área Peñas Blancas

Código	Divergencia	Área (km ²)	Porcentaje
W	A capacidad	62.54	63.1
U	Sub utilizado	26.24	26.5
O	Sobreexplotado	4.8	4.8
Ot	Gravemente sobreexplotado	5.5	5.6
Total		99.1	100.0

El área se encuentra con un uso a capacidad en un 63,1%, con 26,24 siendo subutilizado, y 10.4% en sobreuso, que se debe corregir. Respecto al subuso hay que quitar aquellas áreas en inestabilidad alta y muy alta.

10. Apoyo a la zonificación territorial en Peñas Blancas

Al estar el área inmersa en una zona protectora obliga a realizar un Plan de Manejo de Área Silvestre Protegida, por esta razón el aporte de este estudio se circunscribe al uso de las divergencias o conflictos de la tierra, y a la inestabilidad de laderas, Cuadro 10, con un objetivo conservacionista de los recursos naturales y de un uso de la tierra en forma armónica con los ecosistemas, en el área de Peñas Blancas

Cuadro 10. Criterios de valoración considerados en el análisis espacial para la determinación de la zonificación propuesta

Matriz cruce	Inestabilidad de laderas		
	1-Baja	2-Media	3-Alta
Divergencias			
3 = Sobreuso, y Uso Externo	1	1	1
2 = Sub uso	2	3	1
1 = Uso conforme	4	5	1

Simbología:

Categorías	Siglas	Descripción
1	UF	Propiciar uso forestal
2	PUCH	Promover a uso conforme-habitable
3	PUCDH	Promover a uso conforme-desmotivar habitación
4	MUC	Mantener uso conforme
5	MUCDH	Mantener uso conforme – desmotivar habitación

En la Figura 46 se incluye un mapa preliminar de zonificación sugerida tomando en cuenta tanto la capacidad del uso de la tierra como la amenaza por inestabilidad de laderas en Peñas Blancas.

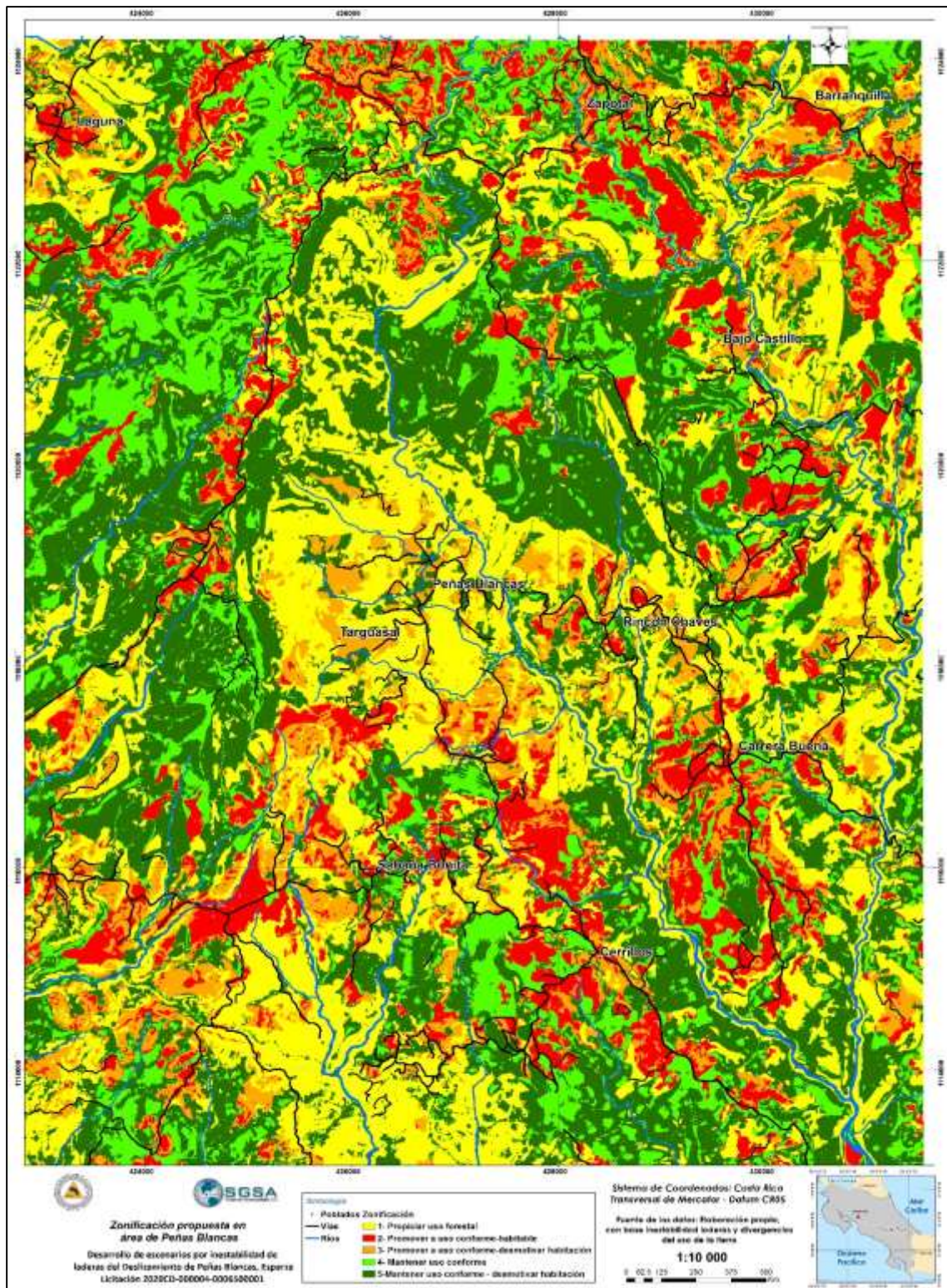


Figura 46. Zonificación preliminar recomendada en Peñas Blancas.
Fuente: elaboración propia.

10.1. Formas de intervención

Respecto a la Guía para el diseño y formulación del Plan General de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica, 2013,2016, se pueden homologar las categorías a la forma de intervención. En este caso con firme de protección el bosque no se interviene.

- Zona de mínima o nula intervención 1: Los sectores del ASP que se definan con esta categoría tendrían un nivel de intervención mínimo y en muchos casos prácticamente no habría intervenciones, corresponde a Categoría 1, con uso de bosque.
- Zona de baja intervención 2: En esta categoría se propone que las intervenciones sean de un nivel muy bajo, aunque con mayores posibilidades para el desarrollo de prácticas de manejo y actividades, categorías 5, con uso de no bosque.
- Zona de mediana intervención 3: El espacio o sitios que se defina para esta categoría tendrán una posibilidad de intervenciones de mediana intensidad, frecuencia e impacto en las prácticas y actividades que se puedan desarrollar. Así entonces los objetivos van dirigidos a un contar con espacios donde se puedan desarrollar formas de aprovechamiento de los recursos donde el impacto sobre los mismos se pueda controlar aunque con límites razonables establecidos con normas muy estrictas. Los objetivos para un turismo sostenible donde se pueden desarrollar servicios y facilidades permanentes de mediano impacto al medio donde se instalen. La presencia humana en vivienda y otras construcciones será de mediana densidad al igual que para los requerimientos para uso administrativo o especial, corresponde a categoría 3, 4, con uso de no bosque.
- Zona de alta intervención: Los sectores del ASP que se definan con esta categoría tendrían un nivel de intervención mucho más alto que en las demás zonas. El objetivo o la condición deseada siempre será mantenerse dentro de un estado ambiental conforme a la categoría de manejo establecida para el ASP, pero dejando mucha más oportunidad para el desarrollo de prácticas y actividades propias de una alta intervención. Igual que en las demás zonas los objetivos de conservación y desarrollo están dirigidos a contar con espacios en los que se pueda mantener una actividad turística sostenible de carácter permanente y más intensiva, actividades productivas o de aprovechamiento de recursos más abiertas, sin dejar de tener controles y normas estrictas, pero consensuadas con los propietarios de las tierras o beneficiarios directos de estas actividades. Esto implica también asentamientos humanos de mediana a alta densidad, sin sobrepasar los límites establecidos previamente o por acuerdos sociales de manejo. La intervención para uso administrativo y especial tiene mayores posibilidades de desarrollarse mientras esté debidamente planificada y controlada, corresponde a categorías 1, 2, con uso no bosque.

En la Figura 47 se incluye el mapa preliminar de áreas de intervención.

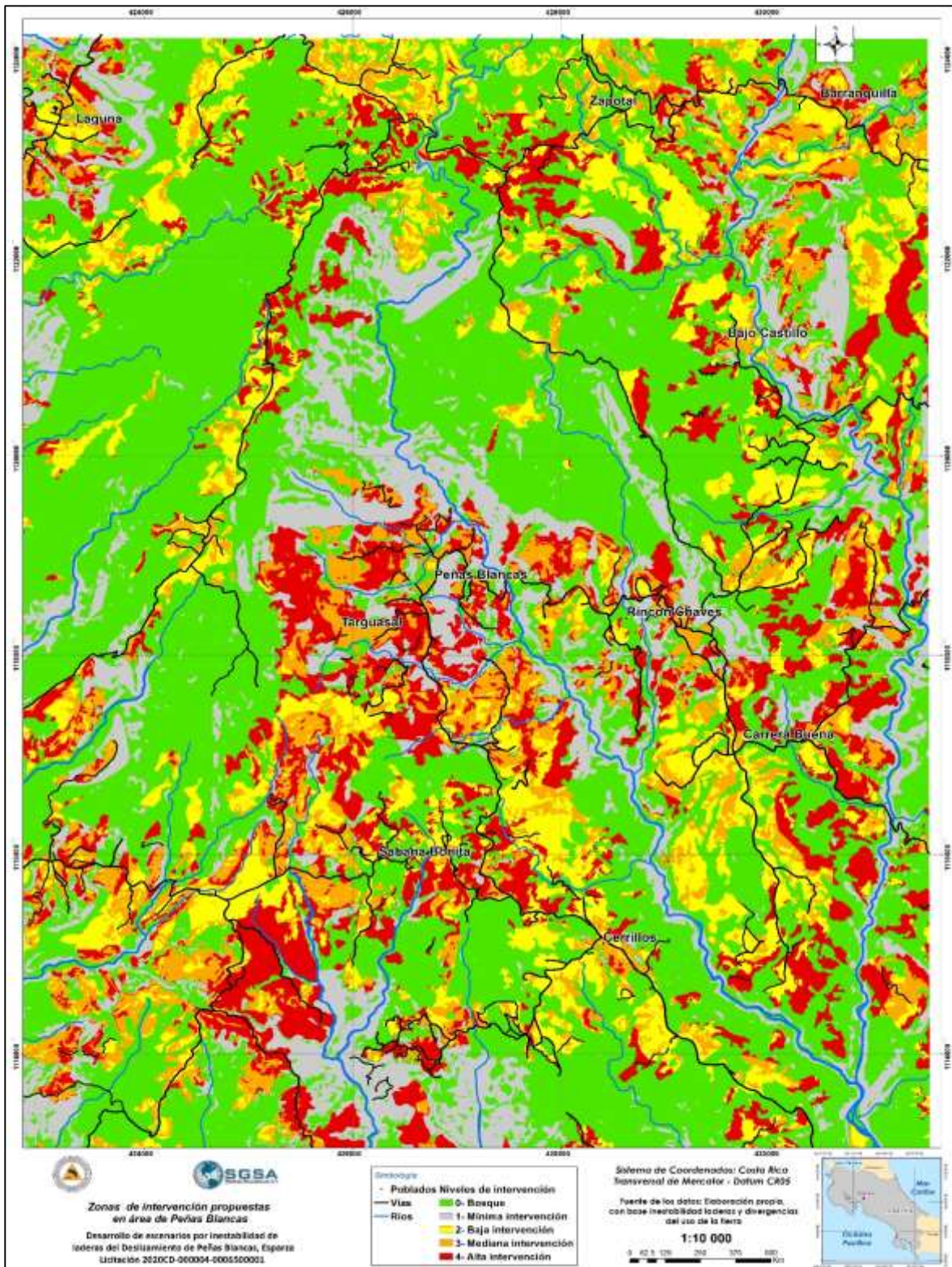


Figura 47. Áreas de intervención en Peñas Blancas.
 Fuente: elaboración propia.

10.2 Estrategia de intervención

La elaboración de una estrategia de intervención en el área de Peñas Blancas debe ser llevada a cabo por el SINAC, quien es el responsable de realizar, por esta razón en este apartado se hacen recomendaciones, Cuadro 11, para que los productos de este estudio se incorporen junto con las variables ecosistémicas y socio económicas culturales cuando se realice el plan de Manejo de la Zona Protectora Montes de Oro.

Cuadro 11. Estrategia de intervención propuesta

Estrategias de intervención propuestas	Acciones en corto, mediano y largo plazo		
	Corto plazo (0 a 5 años)	Mediano plazo (5 a 10 años)	Largo plazo (más de 10 años)
1. Incluir los resultados de las amenazas y vulnerabilidad en el Plan de Manejo, que está por realizar el SINAC	X		
2. Lograr una colaboración y coordinación eficaz entre el SINAC (líder) con las instituciones presentes en el área	X		
3. Fortalecer al Comité de emergencias local, ya establecido, en equipamiento básico (radios, motocicletas, y personal) para mantener una vigilancia constante	X		
4. Mantener y recuperar la cobertura forestal, en las áreas con clase VI, VII y VIII, incluyendo las de alta amenaza, donde la pendiente sea mayor al 60%	X	X	
5. Promover un desplazamiento de las viviendas permanentes a sitios seguros			X
6. En áreas señaladas de media y alta amenaza, promover usos temporales de la tierra: sitios recreativos, senderismo, observatorios de especies: flora, fauna		X	X

7. Promover medidas de restricción para el desarrollo de futuras actividades urbanas, comunales y comerciales en los sectores en que se presenten inestabilidades medias y altas y promover incentivos, en las áreas cercas de baja inestabilidad de laderas	X	X	X
(. En áreas de supuso y de inestabilidad de laderas medias a bajas, se pueden realizar usos agrícolas -ganaderos, acompañados de medidas de conservación de suelos: a) para sitios d agricultura manejar adecuadamente los drenajes, protegiendo el suelo, b) para ganadería evitar sobre pastoreo, practicar semiestabulación del ganado.	X	X	X
8. Lograr que el ICAA o AyA ponga a disposición los datos de la climatología en la estación ubicada en Peñas Blancas, con datos en tiempo real y mantener un registro con los máximos, que permita en un futuro correlacionar esto a eventos de inestabilidad de laderas	X	X	X

11. Sistema comunitario de vigilancia, advertencia, respuesta y continuidad operativa (SIVAREC), debido a la inestabilidad de laderas.

11. 1 Ideas básicas para el establecimiento del sistema SIVAREC, para enfrentar las emergencias derivadas de la inestabilidad de laderas.

En adelante, se describen las ideas básicas para el establecimiento de un sistema SIVAREC, fundamentadas en la aplicación de la metodología Mora-Vahrson. Un avance de este proceso se ilustra en la Figura 46 y en los párrafos siguientes.

Este sistema podría luego ser ampliado para enfrentar cualquier otro tipo de amenazas naturales y eventualmente, las amenazas antropogénicas.

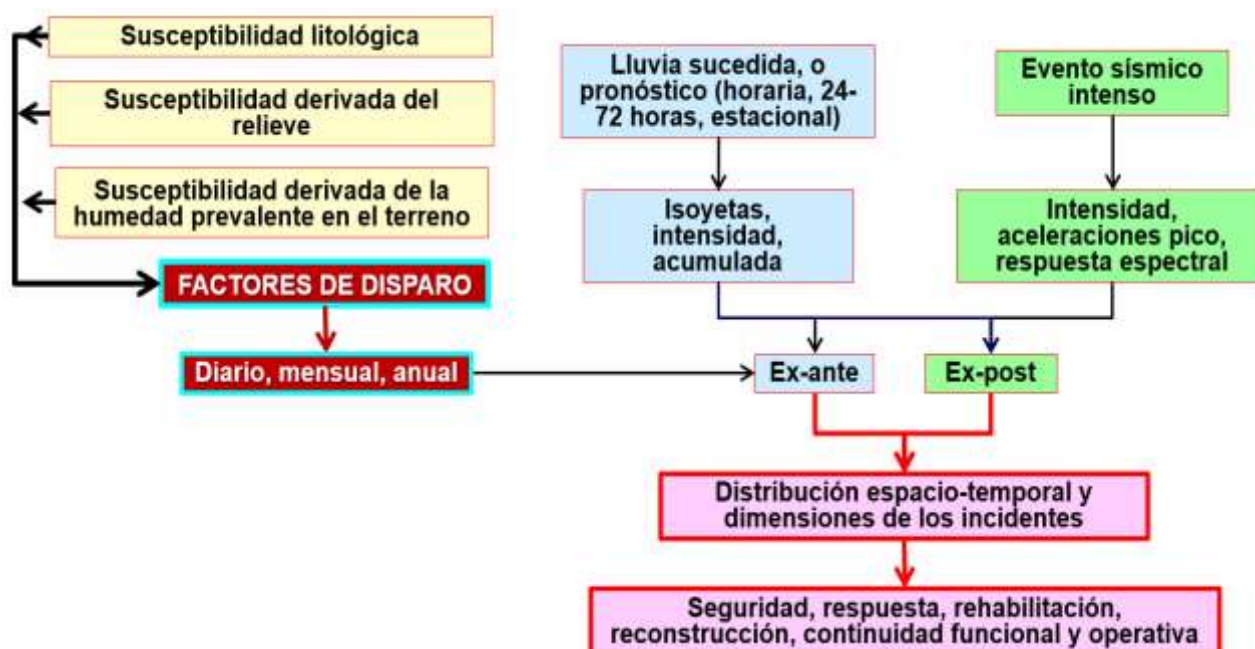


Figura 48. Principios para un sistema de observación, vigilancia, alerta, alarma, advertencia y respuesta (SIVAREC), para enfrentar la materialización de eventos de inestabilidad de laderas, basado en la metodología Mora-Vahrson (Saborío et al., 2018).

El concepto fundamental del sistema se basa, en primer lugar, en la consideración de la susceptibilidad las laderas, con sus parámetros y condiciones intrínsecas y pasivas (i.e. litología, relieve, humedad prevalente del suelo) y luego, la inclusión de la influencia de los factores desencadenantes externos y dinámicos.

Se pueden prever dos tipos de escenarios posibles, relacionados con la oportunidad temporal y disponibilidad anticipada del flujo de información necesario para alimentar el sistema (Figura 48):

- “Ex ante”, en el caso de las tormentas de lluvia, pronosticables, caracterizables mediante sus relaciones IDFV (intensidad, duración, frecuencia, volumen), ya sea en sus acumulaciones de 24 a 72 horas, o incluso también podrían ser las previsiones de las lluvias estacionales. Esto puede realizarse mediante la utilización, probabilística, con suficiente anticipación, de las isoyetas, hietogramas y/o funciones IDFV. Si hubiese recursos tecnológicos avanzados y disponibles, para el diagnóstico en tiempo real (i.e. radar meteorológico, imágenes satelitales, “nowcast”), para el pronóstico en el corto plazo, obviamente podría agregarse un beneficio adicional para mejorar el desempeño del sistema.
- "Ex post", en el caso de (Figura 46):
 - Tormentas de lluvias intensas recientemente sucedidas: Mediante el mismo tipo de información descrita, en la situación anterior, pero en este caso, deben aportarse los datos reales registrados, durante y/o inmediatamente después del evento, a la brevedad posible.
 - Justo después de un terremoto intenso, actualmente imposible de pronosticar: Se pueden utilizar los datos e información disponibles, rápidamente, de las intensidades, ya sea en la escala de Mercalli Modificada, aceleraciones pico del terreno, aceleraciones espectrales, respuesta dinámica del suelo, datos de los “mapas de reportes de sismo sentido” generados a partir de la aplicación “¿Lo sentiste?”, recabados por la Red Sismológica Nacional, u otros parámetros macrosísmicos disponibles.

Si estos datos e información se ponen a disposición, a su debido tiempo, sería posible obtener una distribución confiable, en el espacio y tiempo, de la influencia de los factores de disparo y de la manera cómo influyen, en la gestación de los incidentes de inestabilidad de laderas.

Por lo tanto, sería factible orientar, de esta manera, los procesos de toma de decisiones en la gestión de emergencias y desastres de una manera más informada: respuesta, alivio, asistencia, rehabilitación, reconstrucción, continuidad operativa y comercial, etc.

11.2. Participación de la comunidad en el sistema SIVAREC

Es claro que, aparte del diseño técnico, científico y tecnológico del SIVAREC, así como la participación de las instituciones nacionales (i.e. CNE, IMN, RSN, Cruz Roja, Ministerio de Seguridad Pública, etc.), es imperativa la participación de la comunidad y de los comités locales y municipales de emergencias.

El involucramiento comunitario debe considerar, al menos, los aspectos siguientes:

- i. Percepción y comunicación social del riesgo
- ii. Capacitación en los aspectos de la gestión local del riesgo
- iii. Observación de los indicios previos de la inestabilidad de laderas
- iv. Gestión del SIVAREC
- v. Organización para la respuesta
- vi. Manejo de la evacuación y albergues
- vii. Documentación de los incidentes

11.3 Consideraciones al someter un SIVAREC para la comunidad de Peñas Blancas

Los términos de referencia solicitan una propuesta y avance en cuento al establecimiento de un sistema de “alerta temprana”. Sin embargo y antes de proceder, deben señalarse algunos aspectos relevantes al respecto:

- a. La inestabilidad de ladera puede materializarse durante una variedad amplia de combinaciones de eventos hidrometeorológicos, sismológicos y geotécnicos, de intensidades tanto extremas, como también de intensidades menores.
- b. La aparición de indicios peligrosos de la inestabilidad de laderas puede, no necesariamente, coincidir con los eventos extremos, sino también luego de períodos transitorios, a lo largo de los cuales se alcanzan las condiciones críticas que rigen el Factor de Seguridad y su migración desde la condición estable ($FS > 1,0$), a la meta-estable ($FS \approx 1,0$) y, eventualmente, a la inestable ($FS < 1,0$), por lo que no es prudente concentrarse solamente en los eventos máximos de precipitación y sismicidad.
- c. Es claro que se requiere de una interacción estrecha entre la comunidad, la Municipalidad, los comités local y municipal para la gestión del riesgo, la CNE, la Red Sismológica Nacional y el Instituto Meteorológico Nacional.
- d. Debe aprovecharse la situación de que, en la localidad, se cuenta con una estación a climatológica, propiedad de AyA, se debe calibrar para emitir señales y datos relacionados con los eventos, por ejemplo, para $TR \geq 25$ años. Igualmente, debe pensarse en el establecimiento de un umbral adecuado para las intensidades sísmicas.
- e. Por lo tanto, el sistema de comunicación se vuelve clave para que el Comité Local de Emergencias tenga acceso a la información en tiempo real.
- f. Un sistema de vigilancia continua, en el ámbito, local es factible sí y solo sí, se establece un sistema de comunicaciones eficientes. Para ello, debe tomarse en cuenta que la cobertura de la telefonía celular es de muy baja calidad y que el ICE ha prometido, en varias ocasiones mejorarlo.
- g. Mientras se establece el sistema adecuado de comunicaciones para manejar las emergencias, debe establecerse un procedimiento de alarma fundamentado en el uso de las campanas de la iglesia, sirenas y de mensajería personal, con motociclistas u otros medios adecuados.
- h. Eventualmente y para sustentar el establecimiento y confiabilidad del SIVAREC, es necesario considerar, en el futuro, la realización de un análisis geotécnico detallado de la masa deslizante, semejante a los que ya se han hecho en Puriscal, Tapezco, San Blas y otros casos. Esto incluye la realización de perforaciones, prospección geofísica, mediciones geodésicas de primer orden (GPS, interferometría LiDAR, etc.), ensayos de laboratorio (i.e. resistencia al corte), instalación de inclinómetros, piezómetros, cálculos y retrocálculos, escenarios probabilísticos, etc.
- i. Es necesario tomar en cuenta la necesidad de establecer un protocolo de sostenibilidad del SIVAREC y de la instrumentación y nexos institucionales asociados, para garantizar su mantenimiento, vigencia y evitar su deterioro, como ha sucedido en otros lugares del país.

12. Conclusiones

Se provee nueva información a escala 1:5.000 en cuanto a cartografía, y otras temáticas que constituye una base de datos importante para el Plan de Manejo que debe llevar a cabo el SINAC, en el área de la zona protectora.

Se verifican diversas fuente geológicas que existen en el área y con el trabajo de campo se propone una nueva geología caracterizada hacia la metodología Mora&Vahrson

Se elaboran los factores de susceptibilidad y los mecanismos de disparo de la metodología Mora&Vahrson., con la novedad de definir parámetros continuos, que se adaptan mejore a la realidad de los sitios, y al comportamiento natural del mismo.

Se determinaron diferentes escenarios de inestabilidad de laderas, usando diferentes escenarios de disparo, se fijó el disparo por lluvia a un evento de 24 horas, y un periodo de recurrencia de 100 años, y se variaron los disparos sísmicos considerando periodos de 500, 1000 y 1500 años.

Se produjeron mapas de inestabilidad de laderas que deben utilizarse en el proceso de Planificación territorial.

Se calculó el volumen del deslizamiento principal, determinado en 73,3 millones de metros cúbicos.

Se realiza un análisis de exposición local para el área del deslizamiento principal en estudio, de acá se puede pasar un estimado provisiona de la pérdidas.

Se realizó una análisis de divergencia del uso de la tierra, que permitiría con las amenazas de inestabilidad de laderas, definir áreas seguras, y-o áreas de convivencia con la amenaza.

Se realizó una zonificación preliminar que debe ser tomada en cuenta en el Plan de Manejo del Área Protectora de Montes de Oro,

Se incluyeron estrategias de protección en el corto, mediano y largo plazo,

Se dan recomendaciones generales de la implementación de un sistema integrado de información para la observación, alerta, alarma, advertencia y respuesta temprana (SIVAREC).

13. Recomendaciones

La reducción del riesgo es entonces un aspecto de orden social, que debe ser visto como la forma en que una comunidad de Peñas Blancas a través del Comité Comunal de Emergencias, se hace consciente de sus riesgos y en forma autónoma asume la responsabilidad de manejarlos para ir en busca del desarrollo sostenible, con apoyo del SINAC, la Municipalidad de Esparza y la CNE

Los riesgos que han sido generados como producto de las actividades del pasado (sobresusos y áreas de mayor inestabilidad de laderas) deben seguir estrategias para impedir que en los procesos de desarrollo al futuro se produzcan nuevas situaciones de riesgo que puedan poner en peligro las condiciones de vida y los recursos de las generaciones futuras. En particular utilizar los insumos de este estudio en el Plan del Manejo del área de Peñas Blancas-

14. Referencias

- Alán, M., 1997: Geología Proyecto Bellavista y alrededores 1:10 000. – Anexo EsIA Concesión 21ª, Posesión Gran Galaxia S.A.
- Alvarado, G.E. & Gans, P.B., 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central. – Revista Geológica de América Central, 46: 7-122.
- Cascante, R., Chaves, M., Chinchilla, J. & Rodríguez, A., 2001: Estudio geomorfológico y de amenazas naturales para propiciar el plan de ordenamiento territorial de la subcuenca del río Jabonal, Esparza, Puntarenas. – Escuela Centroamericana de Geología, Seminario de graduación de licenciatura, 131 págs.
- Cosillo, Allan G., 1989: *Geoquímica y geología estructural del yacimiento aurífero Bellavista, Miramar, Puntarenas, Costa Rica*. - Escuela de Geología, UCR, 166 p. [Tesis de Licenciatura].
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2003: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 81 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2009: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 55 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Kussmaul, S., 2000: Estratigrafía de las rocas ígneas. – En: Denyer, P. & Kussmaul, S. (comps.): Geología de Costa Rica, págs. 63-86. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Kussmaul, S. & Jiménez, R., 2001: *La minería del oro en Costa Rica*. – En: Espí, José A. (Editor): El Libro de la Minería del Oro en Iberoamérica. – Gráficas Monterreina S.A., Madrid, págs. 241-248.
- Kussmaul, S. & Sprechmann, P., 1982: Estratigrafía de Costa Rica (América Central), II: Unidades litoestratigráficas ígneas. Actas, 5º Congreso Latinoamericano de Geología, Buenos Aires, 1:73-79.
- McNab, R.B. & Schneider, U. 1997. El proyecto de climatología de la precipitación global (GPCP) combina conjuntos de datos de precipitación. *Toro. Amer. Meteor. Sócrates* 78:5-20.
- Mays, L. W., 2001. *Water Resources Engineering*. 1ª ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Montero, W. & Denyer, P., 2011: FALLAMIENTO NEOTECTÓNICO DE LA PENÍNSULA DE NICOYA Y SU RELACIÓN CON EL ESCAPE TECTÓNICO DEL ANTEARCO CENTROAMERICANO. - REVISTA GEOLÓGICA DE AMÉRICA CENTRAL, 45: 9-52.
- Mora, S. (1985). Las laderas inestables de Costa Rica. 1985. Revista Geológica de América Central. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. Vol, 3, p. 131 161. https://www.academia.edu/12280129/Las_laderas_inestables_de_Costa_Rica
- Mora, S. et al. (1991). Deslizamiento de Puriscal: Estudio geológico y geotécnico. Comisión Nacional de Emergencia. https://www.researchgate.net/publication/275971745_El_deslizamiento_de_Puriscal_Estudio_geologico_y_geotecnico
- Mora, S; Vahrson, W-G (1992). Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Primer simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de información geográfica para el estudio de las amenazas naturales; Instituto Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia, Volumen 1. https://www.researchgate.net/publication/283730365_Determinacion_a_priori_de_la_amenaza_de_deslizamientos_utilizando_indicadores_morfodinamicos

- Mora, S; Madrigal, C; Estrada, J; Schuster, R (1993). The Río Toro landslide-dam, Costa Rica. *Landslide News, Japan Landslide Association.* p.19-22. https://www.researchgate.net/publication/275971264_The_1992_Rio_Toro_landslide_dam_Costa_Rica
- Mora, S; Mora, R (1994). Deslizamientos causados por el terremoto de Limón: Factores de control y comparación con otros eventos en Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Ctrl. Vol. esp. Terremoto Limón.* p.139-152; https://www.researchgate.net/publication/275971241_Los_deslizamientos_causados_por_el_terremoto_de_Limn_%281991%29_Factores_de_control_y_comparacin_con_otros_eventos_en_Costa_Rica ; http://www.geologia.ucr.ac.cr/revista/revista/to_pdf/revista/terremoto-limon/LIM-MORA-MORA.pdf
- Mora, S; Yasuda, S (1994). Licuefacción de suelos y fenómenos asociados durante el terremoto de Limón. *Rev. Geol. Amér. Cent. Vol. Esp. Terremoto de Limón.* p.121-132. https://www.academia.edu/12299046/Soil_liquefaction_during_the_April_1991_Lim%C3%B3n_earthquake_Costa_Rica ; http://www.geologia.ucr.ac.cr/revista/revista/to_pdf/revista/terremoto-limon/LIM-MORA-YASUDA.pdf
- Mora, S. (1995). El impacto de las amenazas naturales sobre la generación, transmisión y distribución eléctrica de Costa Rica. I Taller Latinoamericano para la reducción de los efectos de los desastres sobre la infraestructura energética. San José, Costa Rica. https://www.academia.edu/12353437/IMPACTO_DE_LAS_AMENAZAS_NATURALES SOBRE_LA_GENERACION_TRANSMISION_Y_DISTRIBUCION_ELCTRICA_DE_COSTA_RICA
- Mora, S (1995). The impact of Natural Hazards on Socio-Economic Development in Costa Rica. *Environmental and Engineering Geosciences, Vol. 1, No.3, Fall 1995,* p.291-298. https://www.researchgate.net/publication/275970870_The_Impact_of_Natural_Hazards_on_Socio-Economic_Development_in_Costa_Rica
- Mora, S (1995). Análisis de la vulnerabilidad económica de la ciudad de Cartago, a causa de los efectos de una avalancha que transite por el río Reventado, Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Cent.* 1993. 15:65-80. https://www.researchgate.net/publication/275960834_Analisis_preliminar_de_la_vulnerabilidad_economica_de_la_ciudad_de_Cartago_Costa_Rica_a_causa_de_los_efectos_de_una_avalancha_laharica_que_transite_por_el_rio_Reventado
- Mora, S (1999). Disaster prevention and sustainable development in Central America. *Slope Stability Engineering.* Yagi, Yamagami & Jiang (eds.) Balkema, Rotterdam. p. 1247-1252. 1999. https://www.researchgate.net/publication/275970720_Disaster_prevention_and_sustainable_development_in_Central_America
- Mora, S (2020). Clasificación de los procesos de la geodinámica externa. Libro en proceso de edición. Laboratorio de Ecología Urbana; Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Editorial de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería (ASAGAI); en prensa. 196 pp.
- Mora, S (2019). Análisis preliminar del riesgo derivado del deslizamiento, represamiento y alud torrencial en el Río Chiquito, Tres Ríos, Cantón de La Unión, provincia de Cartago, Costa Rica. INSUMA, S.A.; Municipalidad de La Unión. Febrero-Marzo, 2019.

- Mora, S (2017). Inestabilidad de la ladera sureste del Residencial Las Brisas, distrito Zapote, Cantón Central, Provincia de San José, Costa Rica. Peritaje técnico. Consultarx. Octubre de 2017.
- UNED (2017) Análisis preliminar de la inestabilidad de laderas y licuefacción, en los centros de educativos de la UNED, aplicación de la Metodología Mora & Vahrson a nivel nacional.
- OEA. 1991 Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños, en Internet:
<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea57s/begin.htm#Contents>
- OEA. 1993 Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado, en Internet:
<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch06.htm>
- Rojas N. 2011. Estudio de Cuencas Hidrográficas de Costa Rica. MINAET, IMN y PNUD. Costa Rica. 19 p.
- Saborío J; Saborío MdM; Mora, S. (2015). Normas y elementos básicos para la gestión municipal del riesgo, su control y regulación territorial. https://www.researchgate.net/publication/283420939_Normas_y_elementos_basicos_para_la_gestion_municipal_del_riesgo_su_control_y_regulacion_territorial
- Saborío J; Saborío MdM; Mora, S. (2015). Gestión municipal del riesgo: Normas y elementos básicos para su inclusión en la planificación y aprovisionamiento presupuestal municipal. https://www.researchgate.net/publication/283420780_Gestion_municipal_del_riesgo_Normas_y_elementos_basicos_para_su_inclusion_en_la_planificacion_y_aprovisionamiento_presupuestal_municipal
- SINAC. 2016. Guía para el diseño y formulación del Plan General de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. (2da ed.). San José-Costa Rica
- Snyder, F. 1938. SYNTHETIC UNITGRAPHS. Transactions American Geophysical Union. AGU. Vol 19. 1938.
- Srinivas E., Eastman R. y otros. 1994. Applications in Hazard Assessment and Management UNITAR.
- Wilchex C., 1993. Vulnerabilidad Global en La Red “Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina”
- Záček, V., Vorel, T., Kycl, P. & Huapaya, S., 2010: Mapa geológico 1:50 000, hoja 3246-II Miramar, República de Costa Rica. – Servicio Geológico Checo, Praga, 1 hoja.
- Záček, V., Vorel, T., Kycl, P. & Huapaya, S., Mixa, P., Grygar, R., Havlicek, P., Cech, S., Hrazdira, P., Metelka, V. Sevcik, J. & Pecskay, Z., 2012: Geología y estratigrafía de la hoja 3246-II Miramar, Costa Rica. – Revista Geológica de América Central, 47: 7-54.

Anexo 1

Zona Protectora Montes de Oro, Decreto Ejecutivo Nº 29393-MINAE¹

“Se ubica entre los cantones de Montes de Oro, provincia de Puntarenas y San Ramón, provincia de Alajuela. Tiene una extensión de 1.820 ha y se creó con el fin de proteger varios remanentes de bosque primario y áreas de recarga acuífera de mucha importancia para las ciudades de Miramar y Puntarenas. Comprende desde los 800 m hasta los 1.422 msnm en el Cerro Zapotal.

La principal actividad económica es la ganadería extensiva, que ocasiona pérdida de suelos y profundas cárcavas. Como su nombre lo indica, en las cercanías de los límites de la zona protectora se practica la minería subterránea de oro.

En las partes bajas el clima es húmedo, caliente, con una estación seca larga (más de 70 días con déficit de agua), mientras que en las partes altas el clima es húmedo y templado, con una estación seca moderada (Herrera, 1985).

Se ubica en la vertiente Pacífica de la Cordillera Volcánica de Tilarán, que es una unidad montañosa de poca elevación. Esta cordillera es producto casi exclusivo de una actividad volcánica Pliocénica, cuyos depósitos se han reagrupado bajo el nombre de grupo o formación Aguacate, que comprende una gran serie de rocas efusivas. La mayoría de los focos volcánicos han desaparecido o son irreconocibles por la erosión (Bergoeing, 1998).

El poblado de Miramar, que se encuentra en el margen suroeste de la zona protectora, está construido sobre un potente cono de depósitos de piedemonte que se extiende sobre más de 5 km a partir de su punto de origen, constituyendo un riesgo geológico. El cono está entallado sobre sus flancos por dos ríos importantes, Ciruelas y Naranjo. Todos estos ríos están tapizados por un volumen importante de cantos rodados. Son ríos de régimen torrencial (Bergoeing, 1998).

Protege las nacientes de los ríos Ciruelas y Naranjo; así como varios afluentes de los ríos Jabonal y Barranquilla, que a su vez son tributarios del río Barranca. Debido a la alta deforestación, este piedemonte está fuertemente expuesto a la erosión.

Las zonas de vida presentes son: el Bosque Húmedo Tropical transición a premontano y Bosque Muy Húmedo de premontano.

Suelos poco profundos, con poco desarrollo, secos por más de 90 días al año (litosol). En algunos lugares se presentan grandes afloramientos de rocas. Los suelos tienen limitaciones tan severas como pendientes mayores de 60%, suelos poco profundos, de fertilidad media a muy baja, susceptibles de erosión, que únicamente se pueden dedicar a la protección de aguas, vida silvestre y/o propósitos estéticos.

¹ Tomado de Sistema Costarricense de Información Jurídica:

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=72520&nValor3=88520&strTipM=TC

La flora, en las partes bajas presenta el espavel (*Anacardium excelsum*), pochote (*Bombacopsis quinata*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), jobo (*Spondias mombin*), pupumjoche (*Plumeria rubra*), muñeco (*Cordia* sp), indio desnudo (*Bursera simarouba*), raspaguacal (*Curatella americana*) y nance (*Byrsonima crassifolia*) y roble de sabana (*Tabebuia rosea*). En las partes altas son comunes el aguacatillo (*Ocotea* sp., *Nectandra* sp.), roble (*Quercus* sp), níspero (*Manilkara zapota*), cirrí, ratoncillo y tucuico.

Encontramos mamíferos como: pizote (*Nasua narica*), zorro pelón (*Didelphis marsupialis*), tepezcuintle (*Agouti paca*), guatuza (*Dasyprocta punctata*), grizón (*Galictis allamandi*), mono carablanca (*Cebus capucinus*), mono araña (*Ateles geoffroyii*), armadillo (*Dasybus novemcintus*), ardillas (*Sciurus* sp), león breñero (*Herpailurus yagourundi*), manigordo (*Leopardus pardalis*), gran variedad de ratones silvestres y murciélagos. Entre los reptiles están: garrobos (*Ctenosaura similis*), basiliscos, la boa constrictora (*Boa constrictor*) y terciopelo (*Bothrops asper*).

Entre las aves se destacan el tucancillo verde (*Aulacorhynchus prassinus*), el carpintero de Hoffman (*Melanerpes hoffmanni*), el saltarín toledo (*Chiroxiphia linearis*), pájaro campana (*Procnias tricarunculata*), mosquero pecho amarillo (*Pitangus sulfuratus*), soterrey (*Thryothorus modestus*), yigüirro (*Turdus grayi*), jilguero (*Myadestes melanops*), jilguerillo (*Catharus aurantirostris*), zacatera (*Sturnella magna*), finito (*Euphonia affinis*), gallito (*Tiaris olivacea*), urraca (*Psilorhynchus morio*), comemaíz (*Zonotrichia capensis*), tijereta (*Elanoides forficatus*), gavilanes (*Buteo platipterus*, *Buteo magnirostris*) y pava granadera (*Penelope*).

Anexo 2
Clases de capacidad de uso de la tierra²

Clase	Descripción general
I	Dentro de esta clase se incluyen tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona
II	Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.
III	Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.
IV	Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.
V	Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural.
VI	Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.
VII	Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración forestal por medio de la regeneración natural.
VIII	Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

² Descripción tomada de:

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/capacidad%20de%20uso%20del%20suelo%20en%20Costa%20Rica.pdf>

Anexo 3

A3.1 Amenaza de la inestabilidad de laderas

Ha sido aprovechada la información base disponible en el cantón de Esparza. Por ello, se tomó en cuenta el mapa con el inventario de laderas inestables, los aludes torrenciales y el mapa de la amenaza de inestabilidad de laderas, según la metodología Mora&Vahrson, realizado en este análisis. Este mapa se incluye, con fines de referencia, en la Figura A3-1.

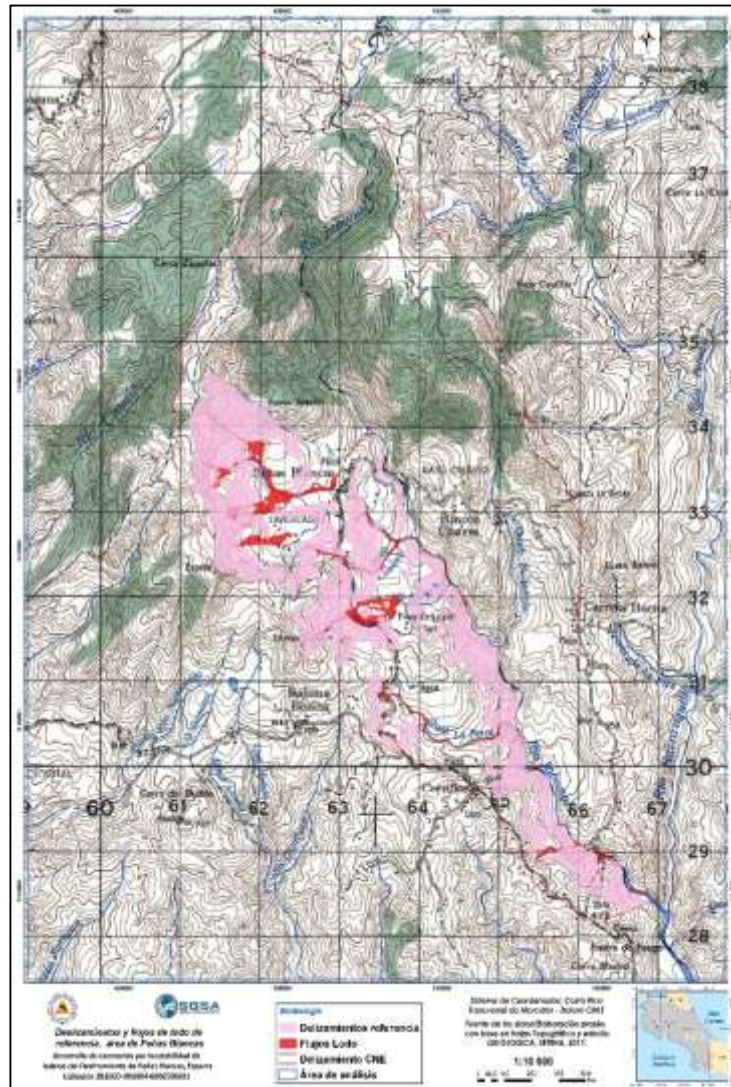


Figura A3-1. Áreas con deslizamientos y aludes torrenciales en el área de Peñas Blancas
Fuente: elaboración propia con base estudio MECSAPOT, SETENA, 2017.

A3.2 Susceptibilidad a la inestabilidad de laderas

A3.2.1 Factor de susceptibilidad por la pendiente del terreno

A partir del modelo numérico del terreno, escala 1:5.000, fueron obtenidas las pendientes del área de Peñas Blancas, expresadas en grados y que se muestran en la Figura 23. Dichas pendientes fueron reclasificadas de acuerdo con el Cuadro 4, con el fin de obtener el Factor de Susceptibilidad por Pendientes (Sp), el cual puede visualizarse en la Figura 29.

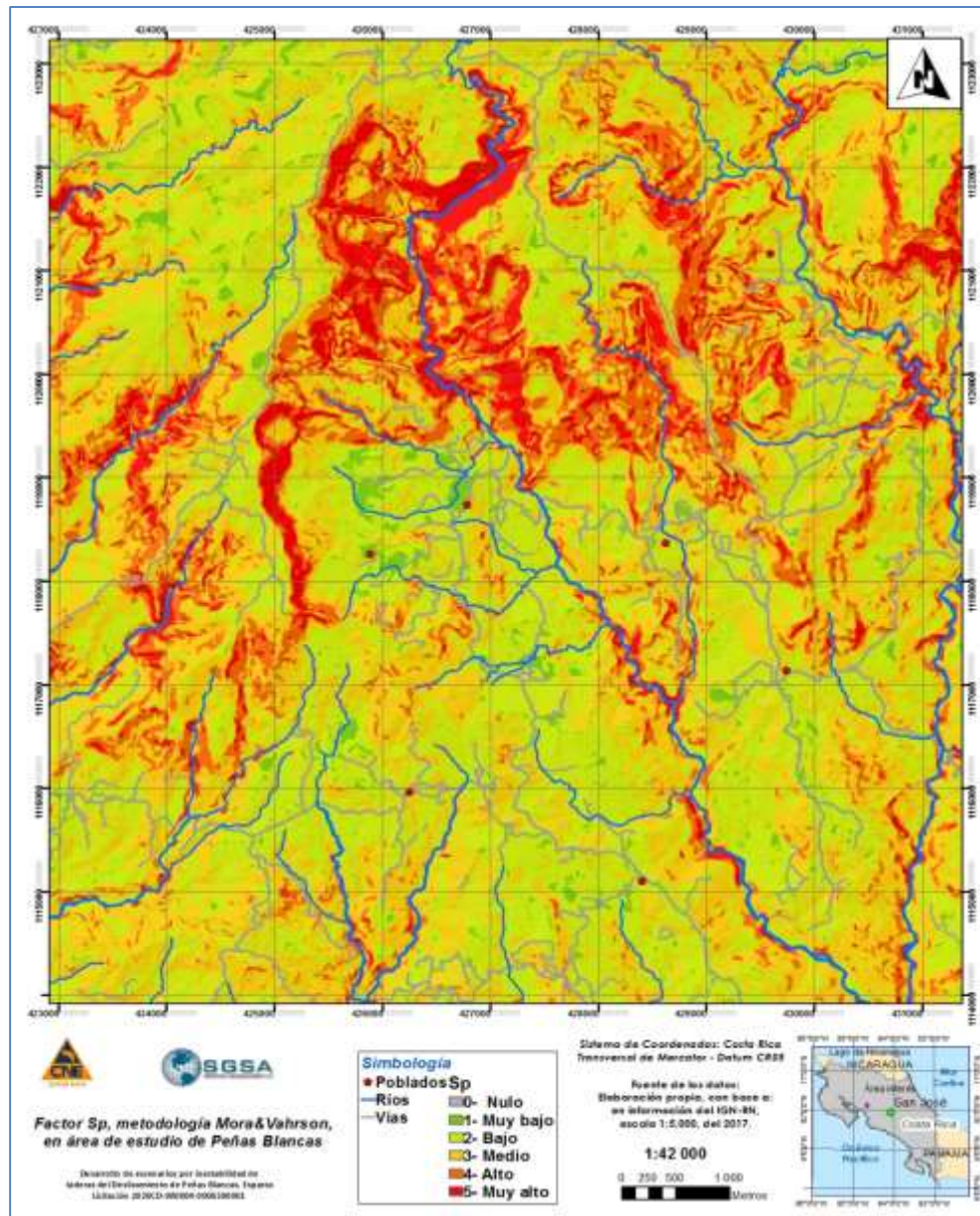


Figura A3-2. Pendientes, en grados, en el área de Peñas Blancas
Fuente: Metodología Mora&Vahrson, a partir de MNT derivado de IGN/RN, 2017.

Cuadro A3-1. Valores para obtener el factor SP, a partir de las pendientes en grados

Rango grados	Valor SP	Descripción
0 – 2	0	Nulo
1 – 9	1	Muy bajo
10 – 18	2	Bajo
20 – 28	3	Medio
30 – 40	4	Elevado
Más de 40	5	Muy Elevado

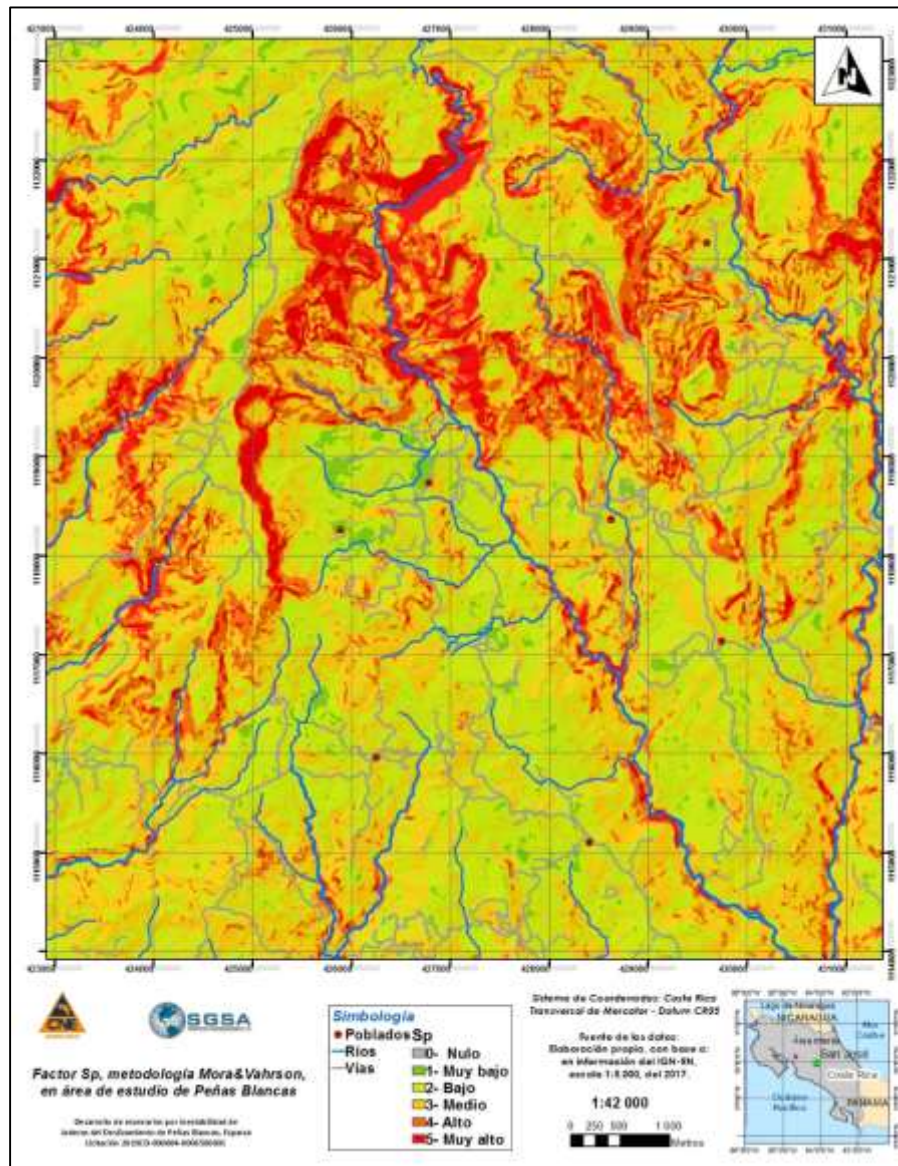


Figura A3-3. Factor de pendientes (Sp) método Mora&Vahrson área de Peña Blancas
 Fuente: Metodología Mora&Vahrson, reclasificado a partir de MNT derivado de IGN-RN, 2017).

Otra forma más real de calcular el factor de las pendientes es a través de una función cuadrática, que debe contar con condicionantes: partir de 0 y debe tener un límite máximo, para esto se ha fijado en 55 grados que representa aproximadamente 150 %, acorde a la Figura A3-4. Lo anterior para calcular una función cuadrática con valore entre 0 y 5, acotando los valores mayores a 40 grados al valor de 5. En la Figura A3-5 se incluyen los cálculos

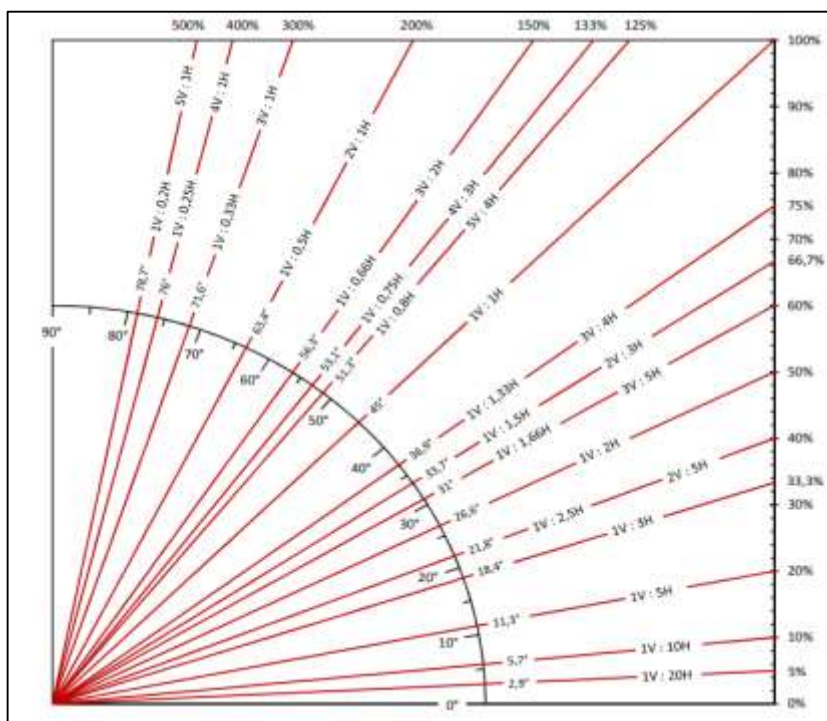


Figura A3-4. Relación de grados pendientes y porcentajes³

Calificación	Rango (°)	Representa
0= Nulo	2	0 - 2
1=Muy bajo	9	2 - 9
2=Bajo	18	9 - 18
3=Medio	28	18 - 28
4=Elevado	40	28 - 40
5=Muy Elevado	55	> 40

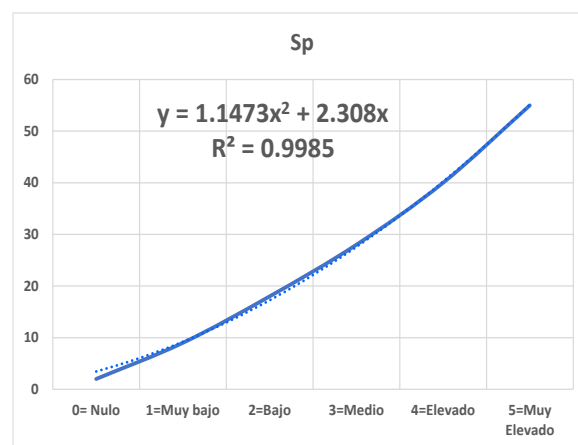


Figura A3-5. Determinación de la ecuación entre pendientes en grados y factor Sp

³ Tomado de <http://enriquemontalar.com/wp-content/uploads/Esquema-Talud-Grados-Pendiente-Porcentaje.pdf>

La solución a la ecuación se logra:

$$Sp = \frac{-2.308 + (2.308^2 + 4 * 1.1437 * P_{\text{grados}})^{0.5}}{2 * 1.1473}$$

En la Figura A3-6, se incluye el factor Sp, calculado acorde a esta ecuación.

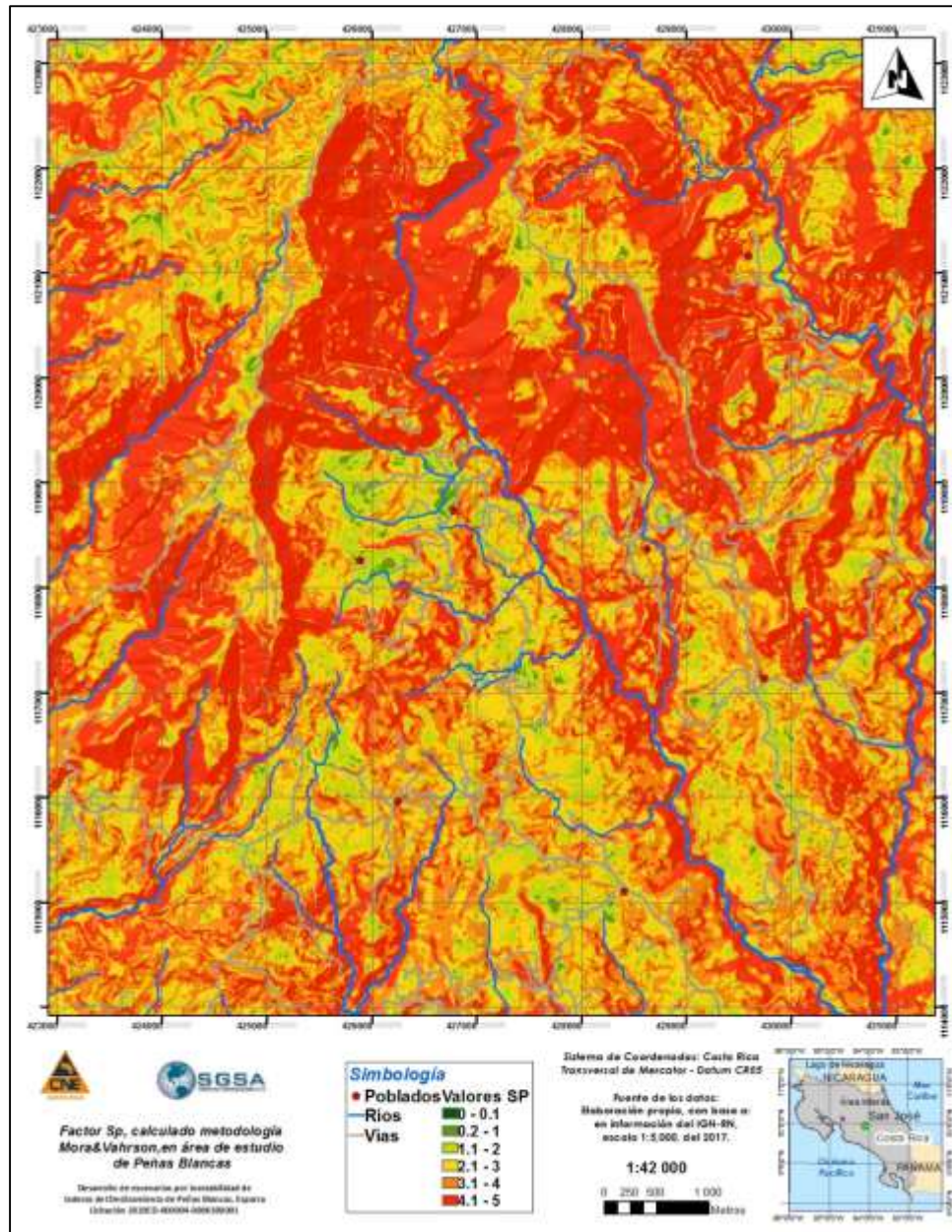


Figura A3-6. Factor Sp calculado a través de la ecuación deducida

A3.2.2 Factor de susceptibilidad por relieve relativo (Sr)

A partir del modelo de numérico del terreno (pixel 2 metros, **Figura 7**, se ha producido el mapa de relieve relativo (m/Ha) que se muestra en la Figura A3-6. La deducción de la ecuación y los rangos se presenta en la Figura A3-7. Este mapa se puede reclasificar de acuerdo con el Cuadro A3-2, o bien aplicar la ecuación cuadrática para producir el Factor de susceptibilidad por Relieve Relativo (Sr) del método Mora & Vahrson; aplicado la ecuación, que se muestra en la Figura A3-8.

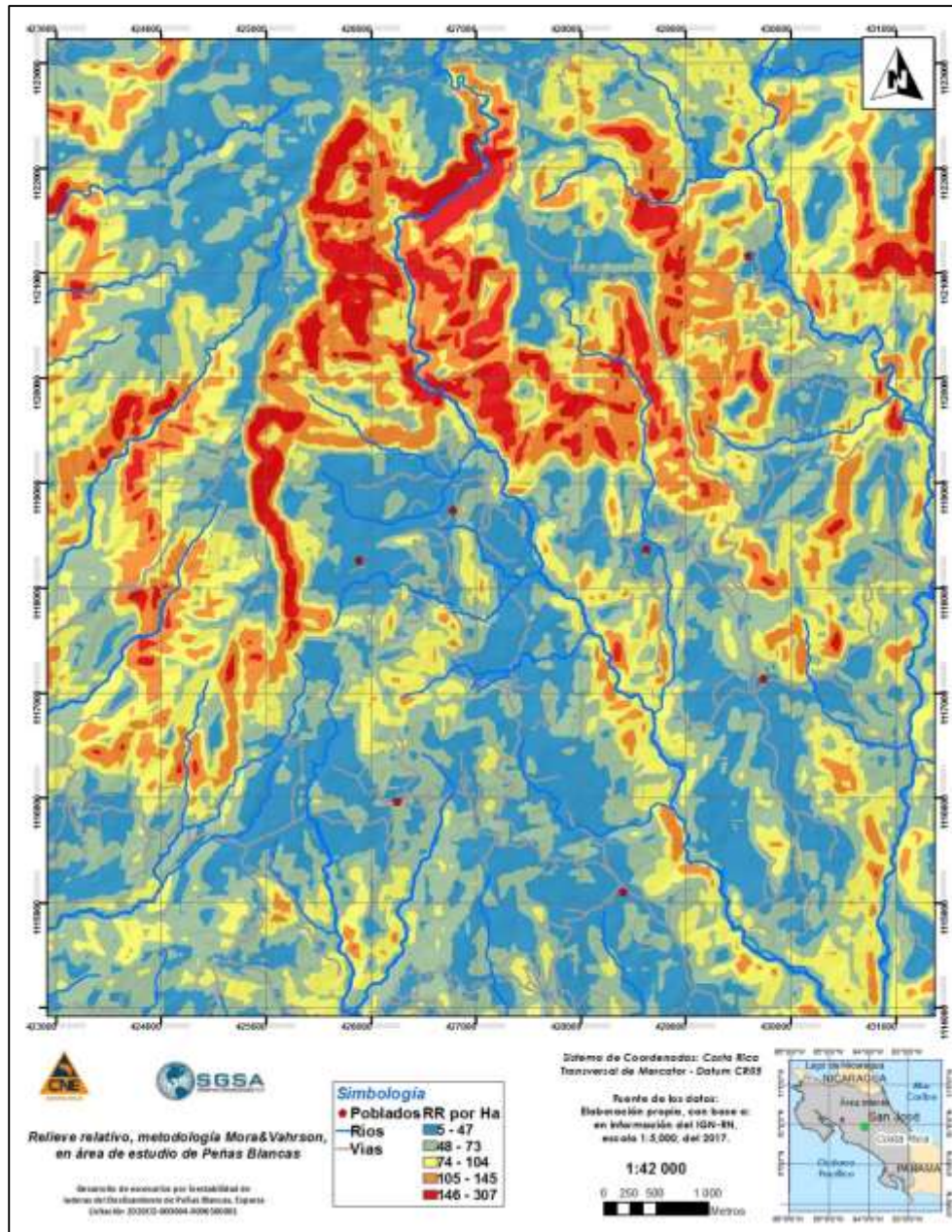


Figura A3-7. Relieve relativo del cantón de Esparza
Fuente: Metodología Mora&Vahrson, a partir de MNT derivado de IGN-RN, 2017.

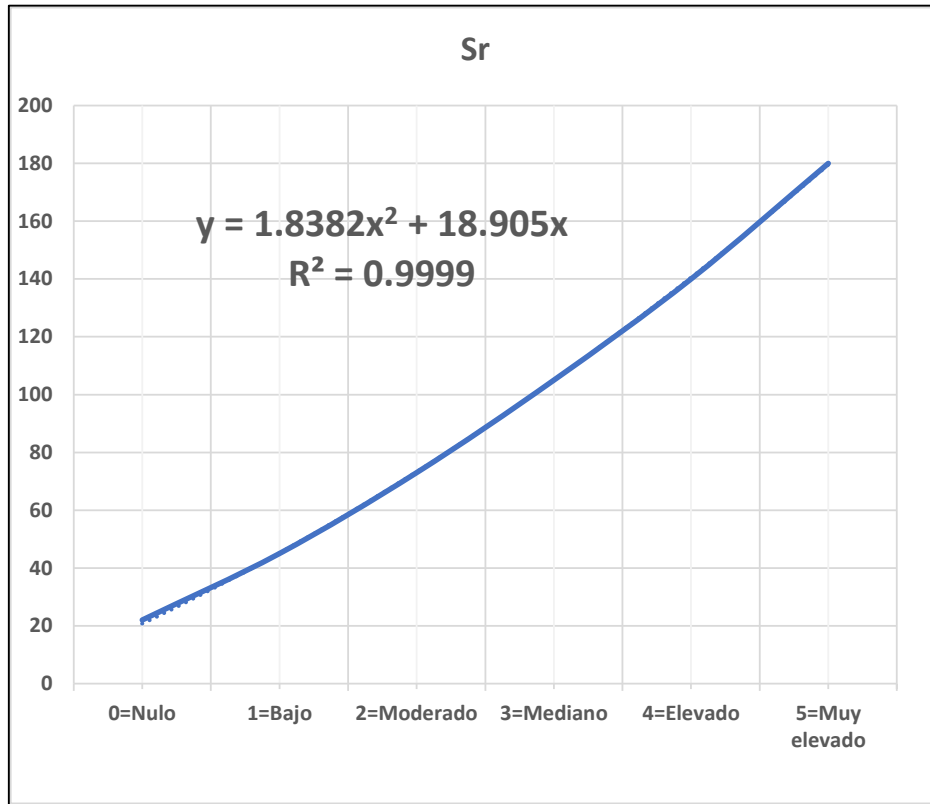


Figura A3-8. Ecuación para reclasificar el relieve relativo al rango de 0 a 5

Cuadro A3-2. Valores para obtener el factor Sr, a partir del relieve relativo (m /-Ha)

Calificación	Rr (m/ha)	Representa
0=Nulo	22	0-25
1=Bajo	45	20 - 45
2=Moderado	73	45 - 73
3=Mediano	105	73 - 105
4=Elevado	140	105 - 140
5=Muy eleva	180	> 140

El factor del relieve relativo se muestra en la Figura A3-9.

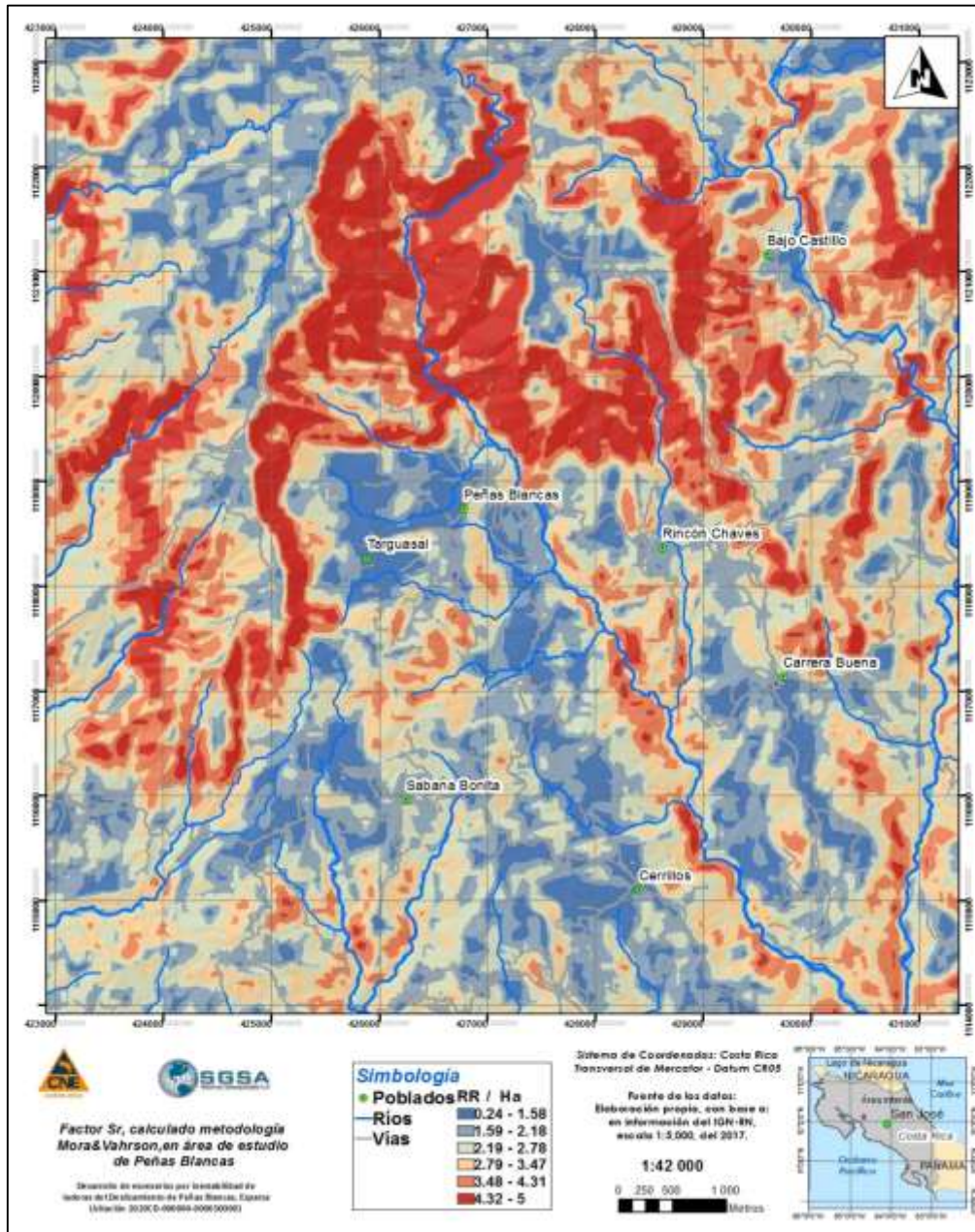


Figura A3-9. Factor de relieve relativo (Sr), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas
Fuente: Metodología Mora&Vahrson, a partir de MNT derivado de IGN-RN, 2017

Generalmente, debe elegirse entre los factores de S_p y S_r , según tengan una mejor representatividad espacial de las condiciones de la susceptibilidad a la inestabilidad de laderas en cada región específica. Por la forma de calcularse el resultado del factor de relieve tiende a realizar agrupamientos de los valores dando áreas mayores que el factor de las pendientes, en el tanto que éste factor se concentra en los detalles, sobre todo en cauce o en riscos o cambios de pendientes del terreno fuertes.

Para considerar el efecto combinado de Sp y Sr, dado que ambos factores presentan rangos estandarizados de 0 a 5, el análisis de máximos a nivel de pixel, entre las dos variables Sp y Sr, produce el máximo valor de cada factor, lo que representa una condición máxima por el relieve del terreno. El factor máximo (Sp, Sr), se muestran en la Figura A3-10. En el caso de Peñas Blancos se realizaron los 3 casos.

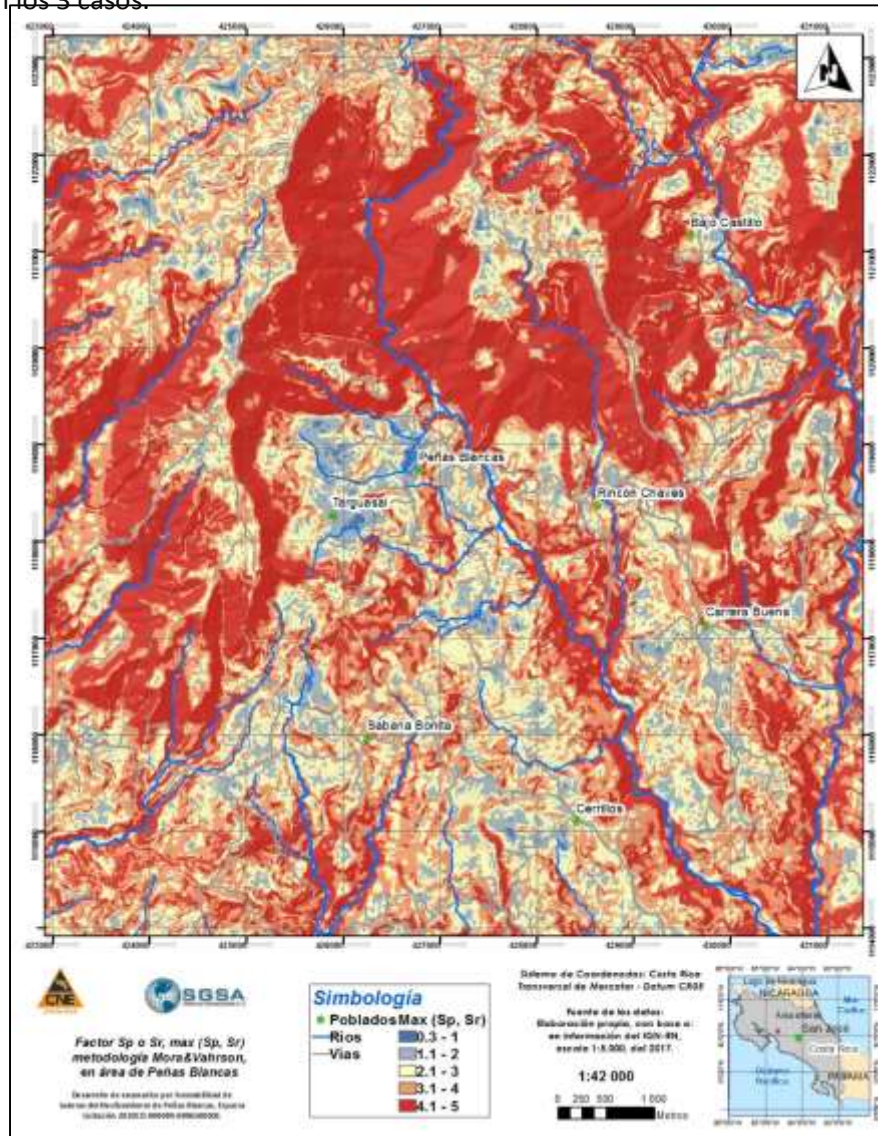


Figura A3-10. Factor de relieve relativo (Sp & Sr), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas
Fuente: Metodología Mora&Vahrson, a partir de MNT derivado de IGN-RN, 2017

A3.2.3 Factor litológico (SI)

El Factor de Susceptibilidad Litológica (SI), del Método Mora & Vahrson se obtiene a partir de la reclasificación determinística (opinión de experto) de las características geotécnicas de las litologías presentes en el área de estudio. En el Cuadro A3-3 se incluyen las características y descripciones de las litologías y criterios con los que han sido asignados los valores del factor litológicos con las consideraciones para Peñas Blancas.

Cuadro A3-3. Clasificación del factor SI para Peñas Blancas

Símbolo y litología	Composición y condiciones físico-mecánica e hidrogeológicas	Descripción y espesor del suelo (residual y/o transportado) y de la biomasa	Factor SI y calificación
alQ: Aluvión fluvial, Cuaternario	Cantos, gravas, arenas, limos; pobre a parcialmente consolidados y compactos; resistencia al corte, moderada a baja; nivel freático somero (<2 m), drenaje moderado a elevado. Posibilidad de licuefacción sísmica durante eventos intensos.	Suelos húmicos delgados (<1 m) y de desarrollo moderado.	SI=4,50: Elevada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.
IQ: Lacustre, Cuaternario	Sedimentos finos: gravillas, arena, limos, arcilla; pobre a parcialmente consolidados y compactos; resistencia al corte baja; Nivel freático somero (<2 m), drenaje moderado a pobre.	Suelos húmicos delgados (<1 m) y de desarrollo moderado.	SI=4,00: Elevada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.
dQ: Depósitos de deslizamientos (coluvios)	Bloques, cantos, gravas, arenas, limos (arcillas cuando hay suelos residuales-regolitos) poco a parcialmente consolidados y remoldeados; resistencia al corte baja a muy baja y/o residual. Nivel freático somero a poco profundo (≤ 1 a 5 m), variable a relativamente profundo (10-20 m en áreas relativamente distales del depósito). Posibilidad de licuefacción sísmica durante eventos intensos.	Suelos húmicos delgados (<1 m) y de desarrollo moderado.	SI=4,25: Alta (cortes y laderas ≤ 3 m) a elevada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.
			SI=4,75 (cortes > 3 m) susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.
PCmv: Riodacitas, subvolcánicas, Monteverde, Pleistoceno inferior	Rocas duras, a veces masivas o con discontinuidades; poco a medianamente meteorizadas y alteradas; fracturas-diaclasas poco a medianamente densas, pero algunas a favor de los cortes; formación de bloques grandes. Niveles freáticos sobre acuitados, a veces profundos (≥ 20).	Suelos húmicos delgados a medianos (<5 m) y con regolitos de desarrollo moderado y sectores con alteración hidrotermal.	SI=2,25: Moderada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.
			SI=3,00 , para sus suelos residuales y coluvios diferenciados: SI=3,75 suprayacentes (cuando >2 m)
amv: Andesitas, Monteverde, Pleistoceno inferior	Meteorización variable (leve a moderada); alteración hidrotermal leve, excepto en contactos con riodacitas, que es moderada en sectores restringidos y parcialmente metamorfizadas por contacto. Fracturas y diaclasas leve a medianamente densas, algunas veces con buzamiento a favor de las laderas y forman prismas, bloques y losas de dimensiones decimétricas a métricas, en ocasiones inestables. Nivel freático mediana a relativamente profundo (>20 m); en algunos sitios se aprecian brotes de agua en las laderas.	Suelos húmicos moderada a medianamente espesos (>1 m, hasta 3 m) y horizontes regolíticos medianamente desarrollados (>1 m hasta 3 m), con meteorización esferoidal.	SI=2,00: Moderada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.
			SI=2,50 en sus suelos residuales y coluvios suprayacentes (cuando >3 m) y SI=3,00 diferenciados.
			SI= 3,0-3,50: En áreas afectadas hidrotermalmente.

Símbolo y litología	Composición y condiciones físico-mecánica e hidrogeológicas	Descripción y espesor del suelo (residual y/o transportado) y de la biomasa	Factor SI y calificación
Igpb: Ignimbrita riolítica, Pleistoceno inferior	Ignimbritas pumíticas nada a medianamente soldadas, poco fracturadas y alteradas, en capas métricas, usualmente masivas. Nivel freático medianamente profundo (6 m - 20 m). Meteorización variable (leve a moderada, a arcillas); alteración hidrotermal leve, moderada en sectores restringidos. Fracturas y diaclasas leve a medianamente densas, algunas veces con buzamiento a favor de las laderas; forman prismas, bloques y lozas de dimensiones decimétricas a métricas, a veces inestables; en algunos sitios se aprecian brotes de agua en las laderas, en su	Suelos húmicos delgados (<2 m) y horizontes regolíticos de desarrollo moderado a mediano (>1 m).	<p>SI=3,0: Moderada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.</p> <p>Para sus suelos residuales y coluvios diferenciados: SI=4,50 suprayacentes (cuando >2 m)</p>
mP, riolitas, subvolcánicas, de grano medio, Aguacate, Mio-Plioceno	Rocas duras a medianamente blandas; medianamente meteorizadas y alteradas; fracturas-diaclasas poco densas, pero a favor de los cortes. Nivel freático medianamente profundo (≥ 10 m).	Suelos húmicos medianos (≥ 3 m) y con regolitos de desarrollo moderado a elevado. En ocasiones se aprecian sectores menores con alteración hidrotermal.	<p>SI=3,25: Moderada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. Cuando hay paleosuelos intercalados SI=3,50.</p> <p>Sus suelos residuales y coluvios diferenciados: SI=4,25 suprayacentes (cuando >2m)</p>
alvNag, lavas y tobas alteradas, Aguacate, Mio-Plioceno	Lavas y tobas con grado mediano a elevado de alteración hidrotermal; a veces no poseen sus estructuras originales y aparecen tan solo sus fantasmas. Drenaje pobre, niveles freáticos someros, variables y ascendentes por su respuesta rápida a las lluvias intensas. Meteorización mediana a intensa.	Suelos húmicos medianos (≥ 3 m) y con regolitos de desarrollo moderado a elevado, de granulometría fina, predominantemente limos y arcillas de espesor ≥ 3 m. En ocasiones se aprecian paleosuelos “quemados” (metamorfismo óptico) y sectores menores con alteración hidrotermal.	<p>SI=4,0: Baja susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.</p> <p>Sus suelos residuales diferenciados: SI=4,25 suprayacentes (cuando >2 m)</p>
bNag, brechas volcánicas tipo La Unión, Aguacate, Mioceno	Rocas duras a medianamente blandas; medianamente meteorizadas y alteradas; fracturas-diaclasas poco densas, pero a favor de los cortes. Nivel freático medianamente profundo (≥ 10 m).	Suelos húmicos medianos (≥ 3 m) y con regolitos de desarrollo moderado a elevado. En ocasiones se aprecian paleosuelos “quemados” y metamorfismo óptico y sectores menores con alteración hidrotermal.	<p>SI=3,00: Moderada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. Cuando hay paleosuelos intercalados SI=3,25.</p> <p>Cuando hay alteración hidrotermal SI=3,50.</p> <p>Sus suelos residuales y coluvios diferenciados: SI=4,25 suprayacentes (cuando >2 m)</p>
Bnag, lavas (mayoritarias), brechas y tobas, Aguacate, Mioceno	Rocas duras a medianamente blandas; medianamente meteorizadas y alteradas; fracturas-diaclasas poco densas. Nivel freático medianamente profundo (≥ 12 m).	Suelos húmicos medianos (≥ 3 m), con regolitos de desarrollo moderado a elevado; se observan sectores con alteración hidrotermal. En ocasiones se aprecian paleosuelos “quemados” y metamorfismo óptico y sectores menores con alteración hidrotermal.	<p>SI=3,0: Moderada susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.</p> <p>Cuando hay alteración hidrotermal SI=3,75.</p> <p>Sus suelos residuales y coluvios diferenciados: SI=4,25 suprayacentes (cuando >2 m)</p>

A partir de la geología presentada en la Figura A3-11, la misma se pasa al SIG, para poder utilizarse en la modelación Mora & Vahrson, En la Figura A3-12 se incluye la geología, Las asignaciones del valor del parámetro SI, de acuerdo con la litología y el Cuadro A3-3, se muestran en la Figura A3-12.

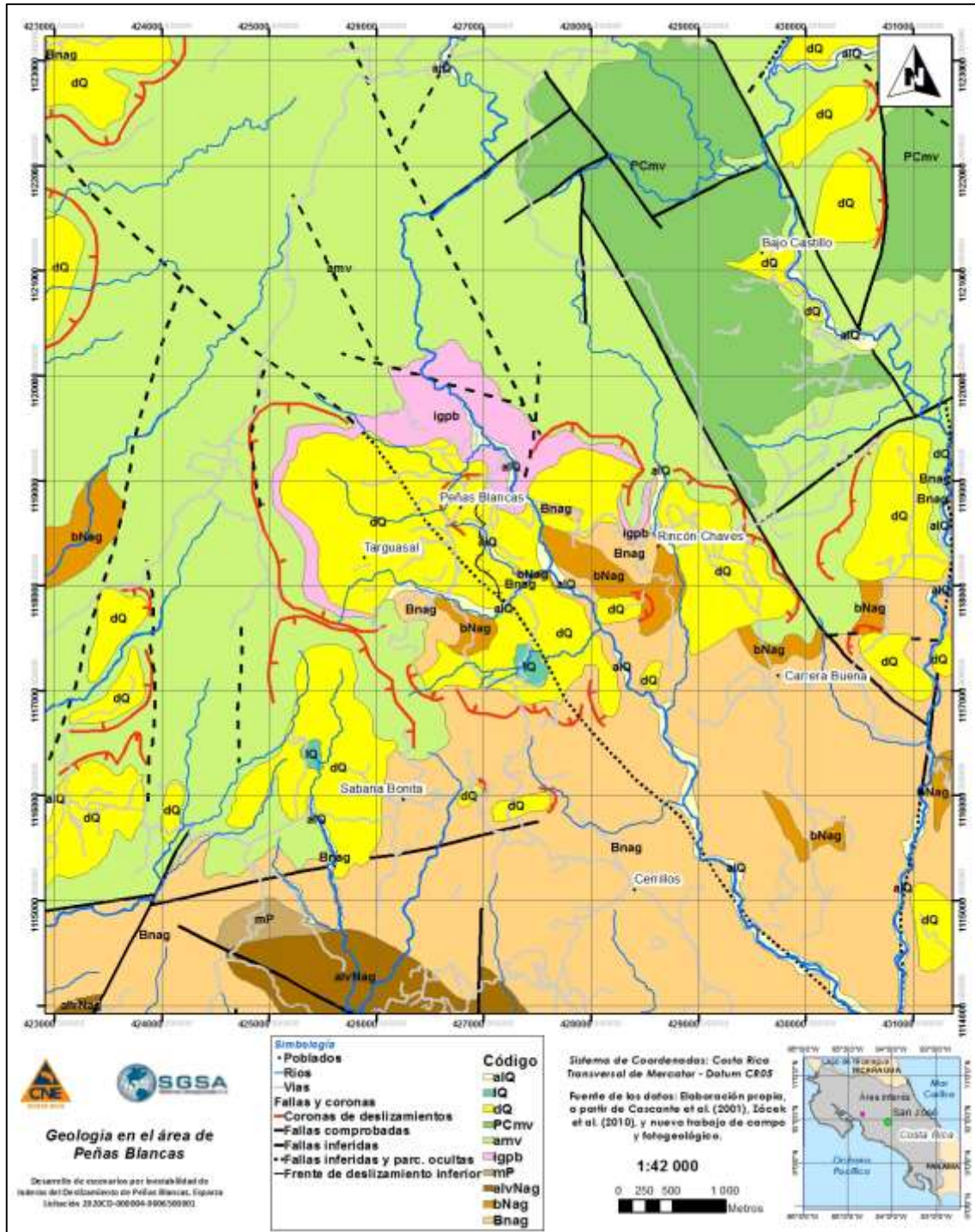


Figura A3-11. Geología del área de Peñas Blancas
Fuente: Elaboración propia con base en geología de G.Soto, 2020

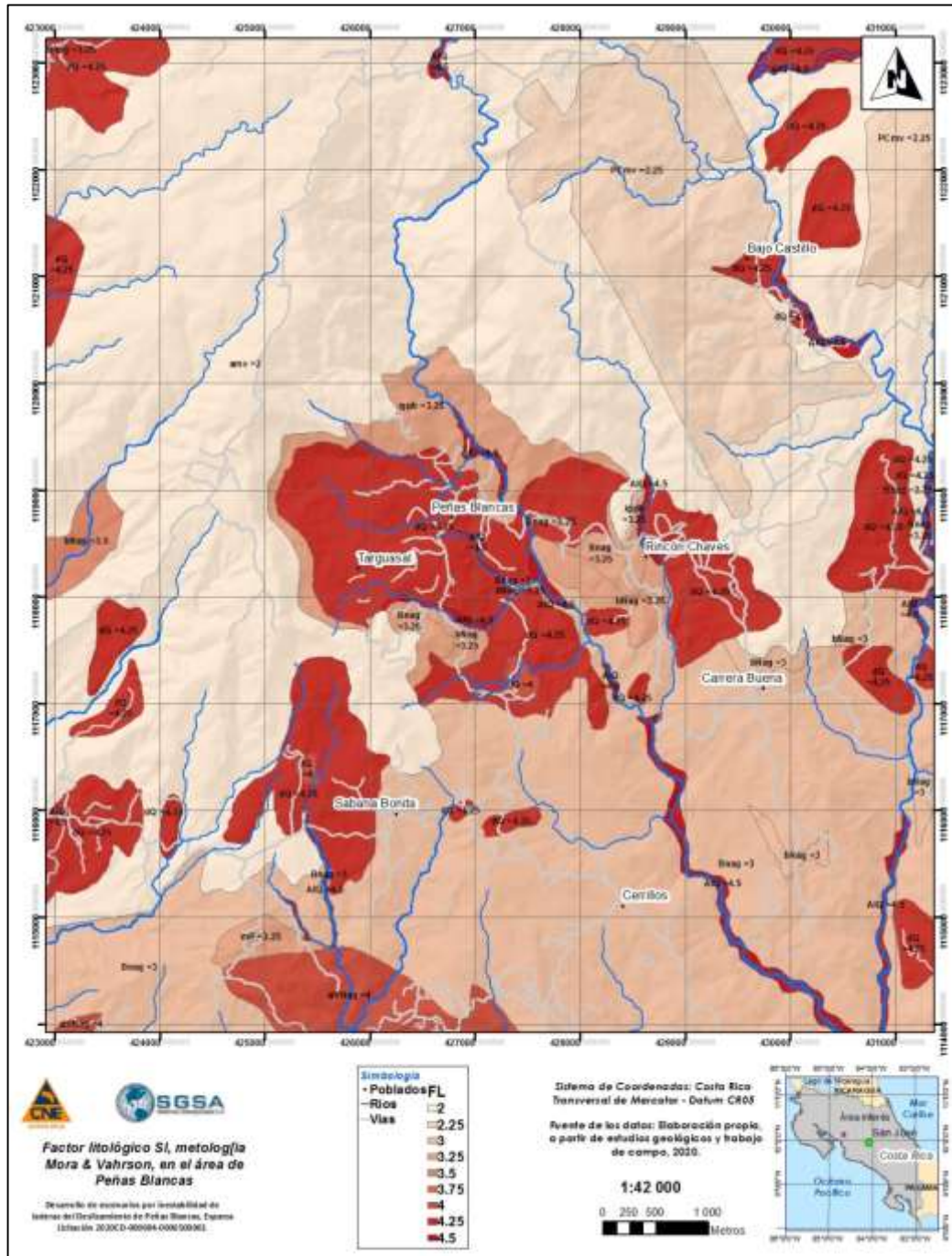


Figura A3-12. Factor litológico (SI) del área de Peñas Blancas
Fuente: Proyecto RP/6/2007 Servicio Geológico Checo.

Además de la litología, calificada de acuerdo con la unidad geológica respectiva, se contempló la influencia de las fallas tectónicas sobre la calidad geomecánica de las litologías. Por lo general, su presencia ocasiona fracturación y alteración hidrotermal, por lo que debilita sus estructuras y reduce su resistencia. En el Cuadro 12 se muestran las condiciones, actividades, valor asignado y buffer, para cada falla respectiva. En la Figura A3-13 se incluye el factor de susceptibilidad litológica empleado en el modelo.

Cuadro A3-4. Influencia de las fallas tectónicas, con su valor asignado y área buffer respectiva

Condición	Actividad	Valor Asignado	Buffer de cada lado (Unidad: metros)
Falla inferida	Desconocida	0,25	100
Falla inferida oculta	Desconocida	0,25	50
Falla comprobada	Activa	0,50	200

Fuente: criterio de Dr. Sergio. Mora, 2017

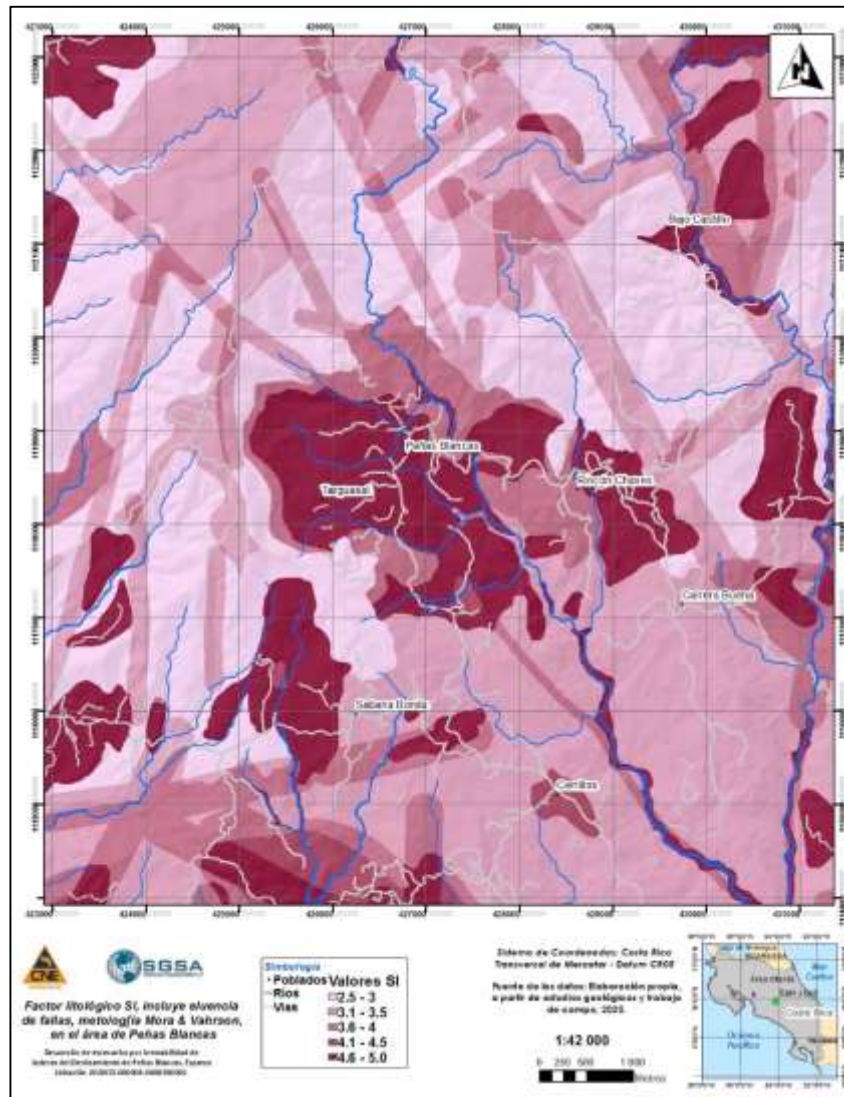


Figura A3-13. Factor litológico (SI), método Mora&Vahrson, área de Peñas Blancas y su incremento respectivo por influencia de la presencia de fallas tectónicas y de su efecto sobre la calidad geomecánica de los materiales geológicos.

Fuente: elaboración propia, con base en el mapa geológico y criterios en cuadro 6.

A3.2.4 Factor de humedad (SH)

El factor de humedad proviene de un balance hídrico, originalmente basado en la lluvia promedio menos la evaporación real. Cuando se incorpora un balance mensual de la recarga y un mapa con la estimación de la “precipitación que infiltra” (Figura A3-14), el proceso se simplifica, pues es precisamente el agua de la recarga la que da el valor de humedad del suelo. De esta manera y eventualmente, se genera la línea de base de las presiones intersticiales, a partir de las cuales las lluvias intensas harán luego que se alcance su valor crítico que inducirá hacia la reducción del factor de seguridad ($FS < 1,0$) y a la ruptura del equilibrio límite de la ladera, o sea, del umbral de la inestabilidad del terreno.

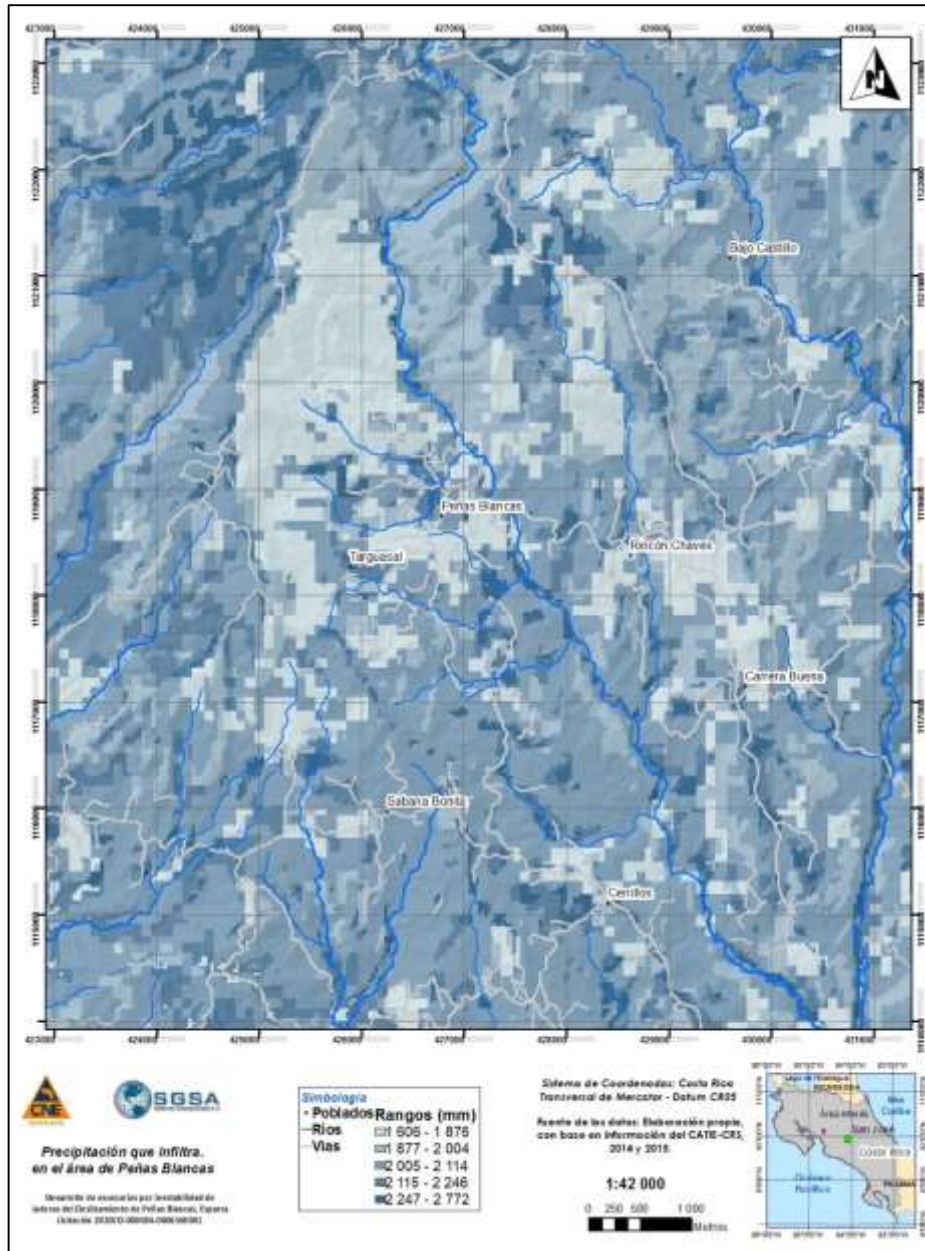


Figura A3-14. Precipitación “que infiltra” en el área de Peñas Blancas
Fuente: CATIE-CRS, balance hídrico, 2013

La media, para el archivo de lluvia que infiltra, es de 2.047 mm, con una desviación estándar de 130,8 mm, con un máximo de 2.772 y un mínimo de 1.606 mm. Los rangos para la reclasificación, utilizados para producir el factor de humedad (Sh), se muestran en el Cuadro A3-5.

Toda el área está cerca de un rango entre 4,5 o 1600 mm y 5,0 (mayor a 1800 mm). Por esto se ha aplicado un re-escalamiento que lleve los valores del factor de humedad entre 4.5 y 5. La aplicación de esta técnica se realiza para disminuir discontinuidades al usar valores enteros en el proceso metodológico Mora&Vahrson,

Cuadro A3-5. Valores del factor de humedad en función de la precipitación que infiltra

Rango en mm	Valor Sh	Descripción
0 – 800	1	Muy bajo
800 – 1200	2	Bajo
1200 – 1400	3	Medio
1400 – 1800	4	Alto
Más de 1800	5	Muy alto

Fuente: elaboración con base en criterio de Saborío (2017 y 2020).

El mapa del Factor de Susceptibilidad por Humedad (Sh) del área de Peñas Blancas, se presenta en la Figura A3-15. Este mapa es un indicativo de la humedad intersticial prevalente del suelo y representa un balance hidrológico de suelos locales; en este caso, ha sido deducido a partir de un índice de la “precipitación que infiltra”.

Como puede apreciarse los valores del factor de humedad son altos en el área de análisis con una media de 4,78. Lo anterior deducido de un balance mensual, por lo que en condiciones extremas se podría usar un 5 para todo el área.

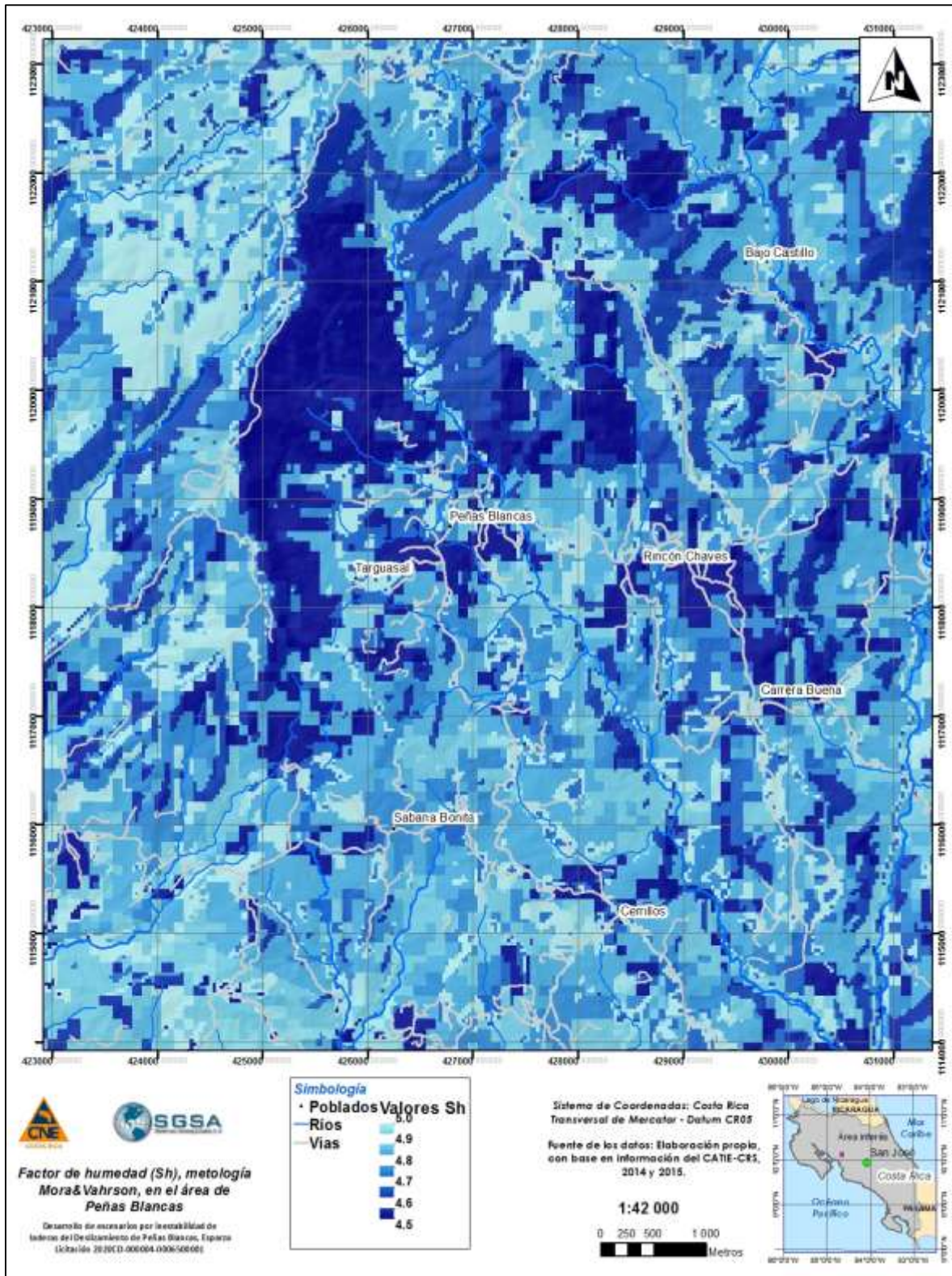


Figura A3-15. Factor de susceptibilidad por humedad (Sh), método Mora&Vahrson –Peñas Blancas Fuente: Elaboración propia con base a mapa de precipitación que infiltra, CRS-CATIE, 2014 y 2015

A3.2.5 Susceptibilidad a la inestabilidad de laderas

La combinación de los factores de susceptibilidad derivada del relieve relativo o las pendientes, la litología y humedad prevalente del terreno, permite la producción del mapa con las áreas con susceptibilidad intrínseca a la inestabilidad de laderas. En la Figura A3-16 se incluye la susceptibilidad para el factor Sp, Su media es de 33 puntos y posee una desviación estándar de 15 puntos, con un mínimo de 0 y máximo de 112 puntos.

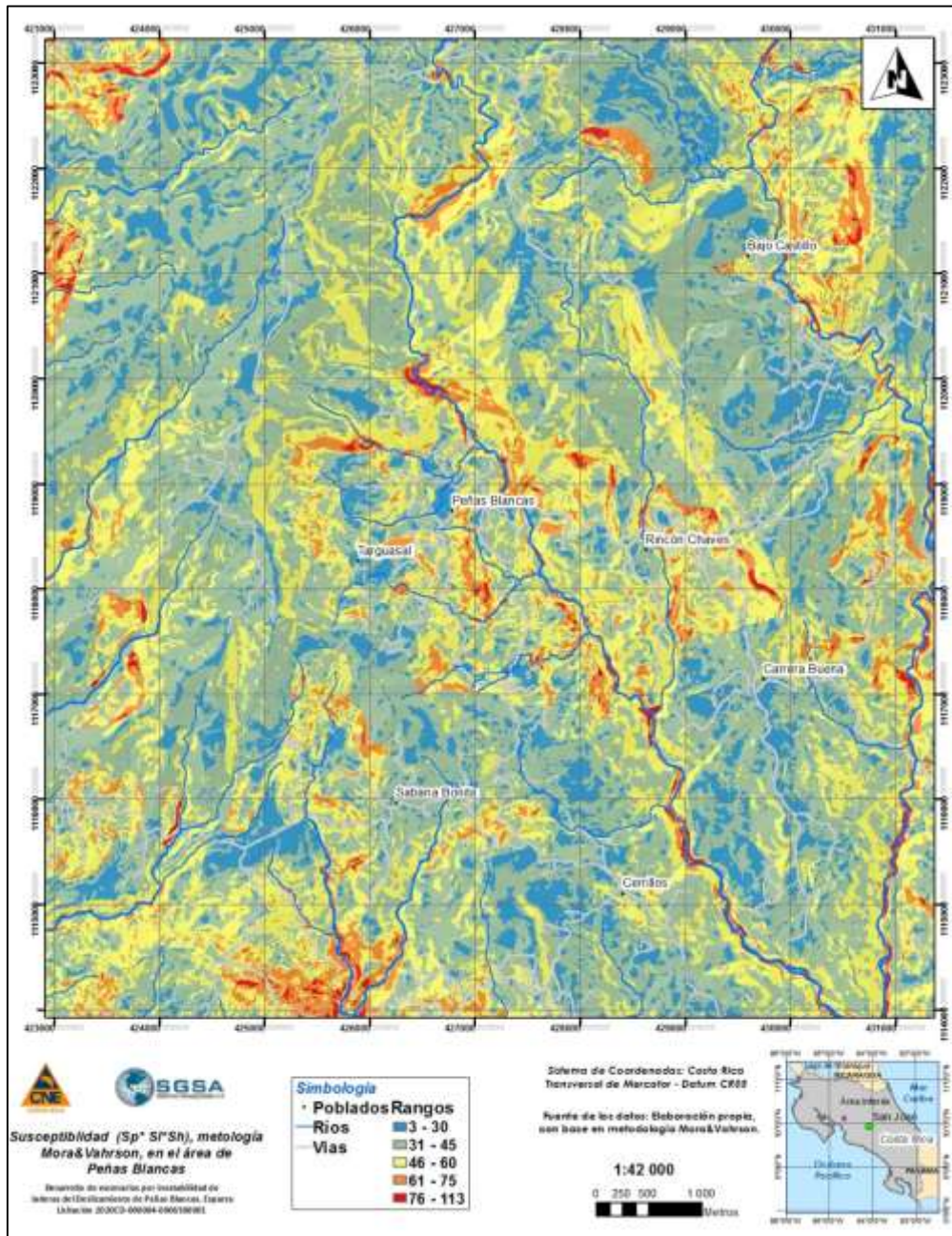


Figura A3-16. Susceptibilidad potencial a deslizamientos (Sp, Sh, Sl), en área de Peñas Blancas
 Fuente: Elaboración propia, con base a la metodología Mora&Vahrson

Los rangos son indicativos, porque la metodología Mora & Vahrson indica que a partir de los valores próximos de 125 hay la susceptibilidad aumenta a causa del incremento de la humedad y cuando estos terrenos también tienen mayor pendiente o relieve relativo, y su litología es más débil. En la Figura A3-17 se incluye la susceptibilidad intrínseca a la inestabilidad de laderas, considerando el factor del relieve relativo.

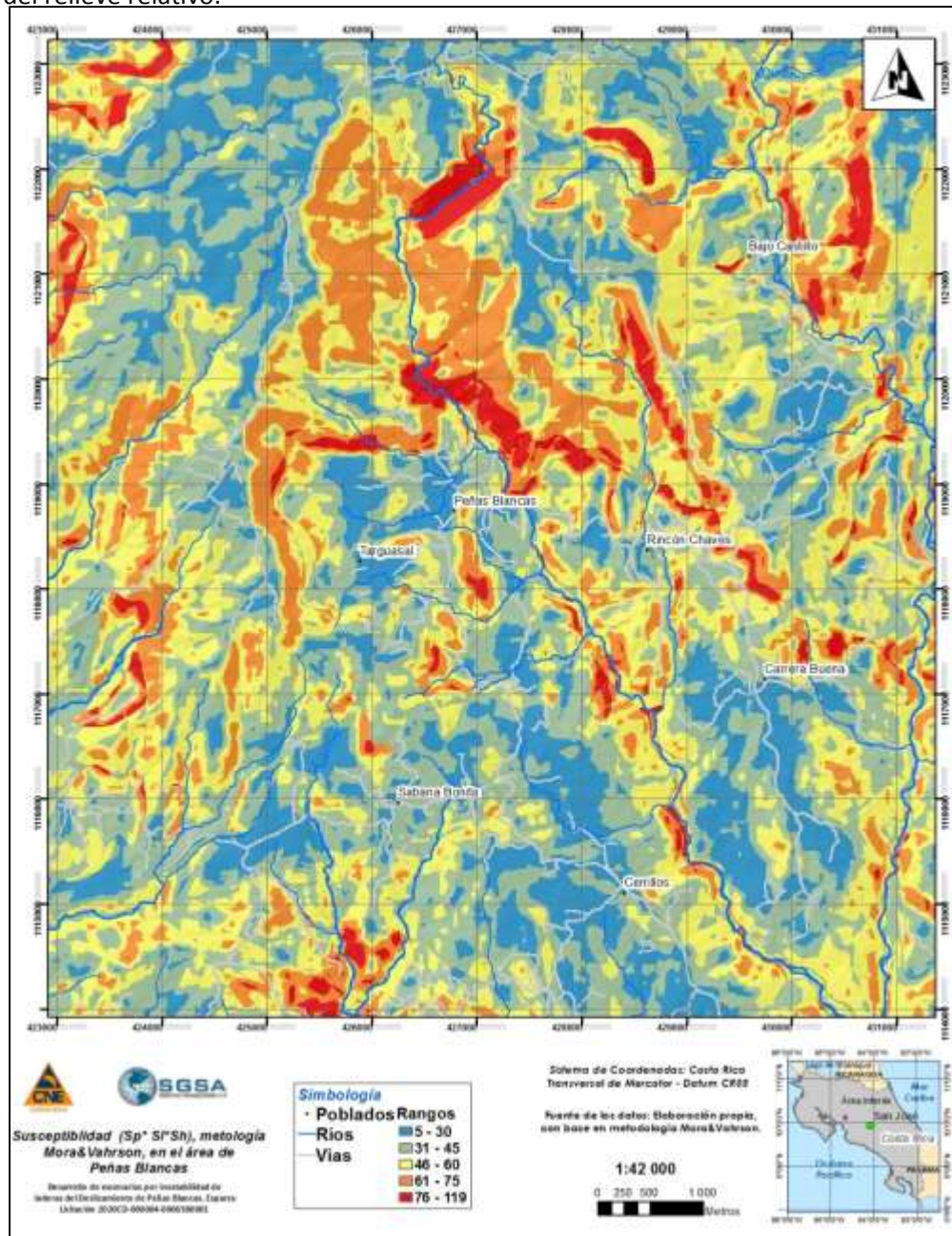


Figura A3-17. Susceptibilidad potencial a deslizamientos (Sr, Sh, Sl), en área de Peñas Blancas
Fuente: Elaboración propia, con base a la metodología Mora&Vahrson

En la Figura A3-18 se incluye la susceptibilidad intrínseca a la inestabilidad de laderas, considerando el factor del relieve relativo.

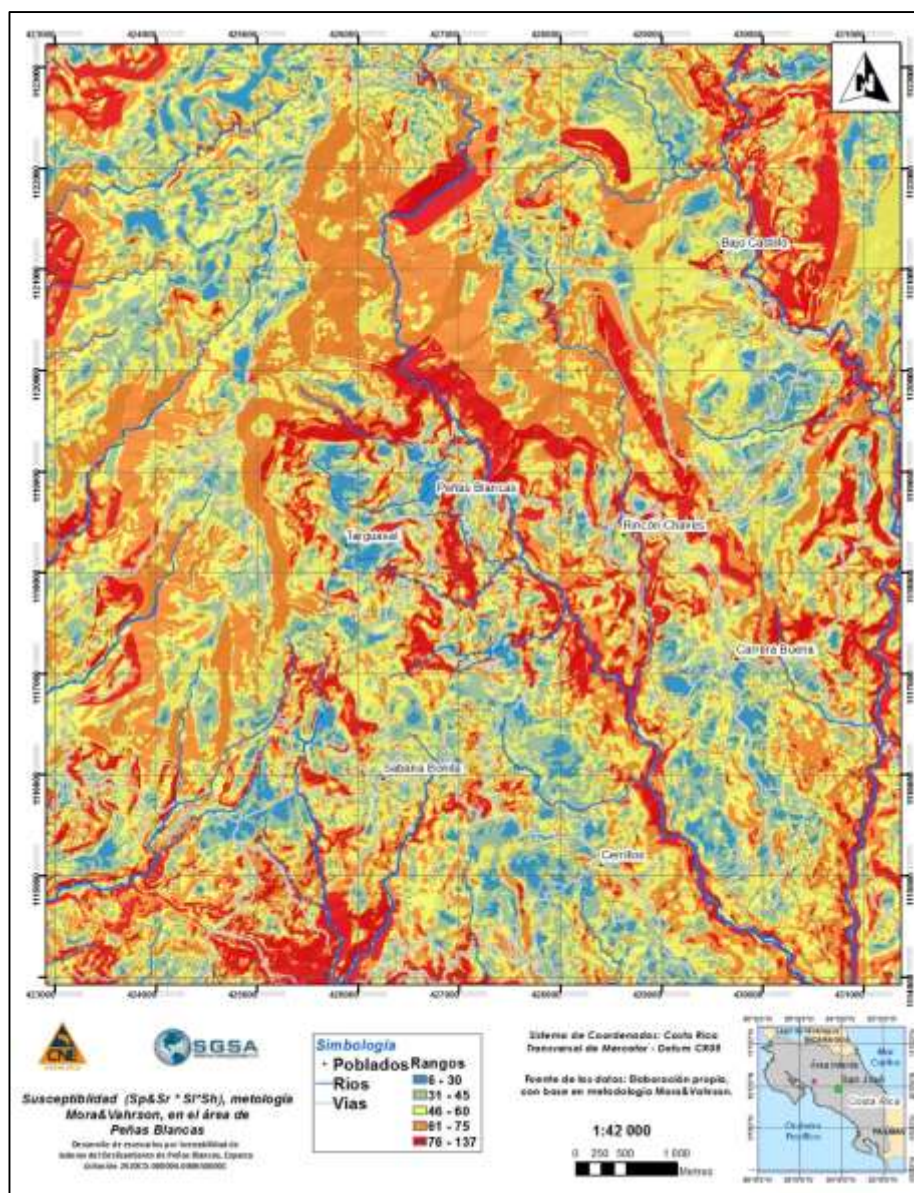


Figura A3-18. Susceptibilidad potencial a deslizamientos (Sp&Sr, Sh, SI), en área de Peñas Blancas
 Fuente: Elaboración propia, con base a la metodología Mora&Vahrson

A3.2.6 Factor de disparo por influencia de la acción de la sismicidad intensa (Ds)

Para analizar el potencial de disparo, a causa de la influencia de la intensidad sísmica, se utilizó el mapa de Aceleración Pico del Terreno, para un período de recurrencia de 500 años (Figura A3-19) del proyecto RESIS II, en este caso re-interpolado para el área de análisis en Peñas Blancas. También se aplicaron los valores de la aceleración, para eventos con período de recurrencia de 1.000 años y 2.500 años, según se muestran en las Figuras A3-20 y A3-21.

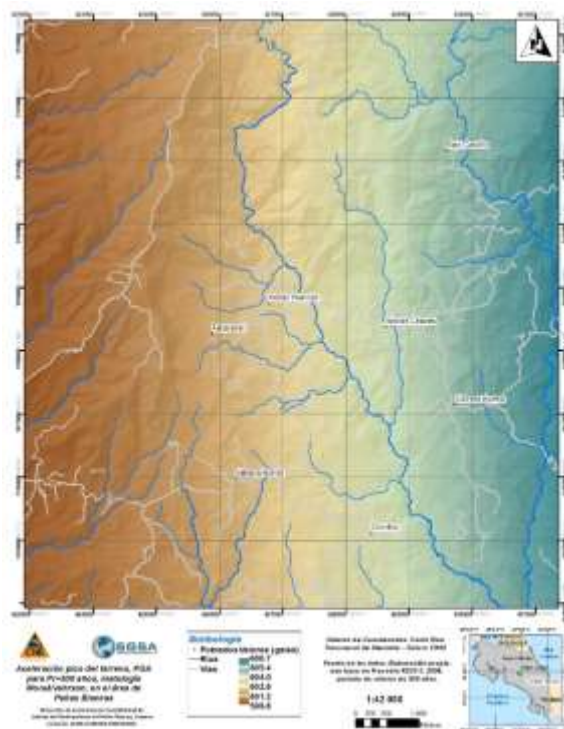


Figura A3-19. Aceleración pico del terreno, en gales⁴ para un período de recurrencia 500 años.
Elaboración propia, con base en RESIS II

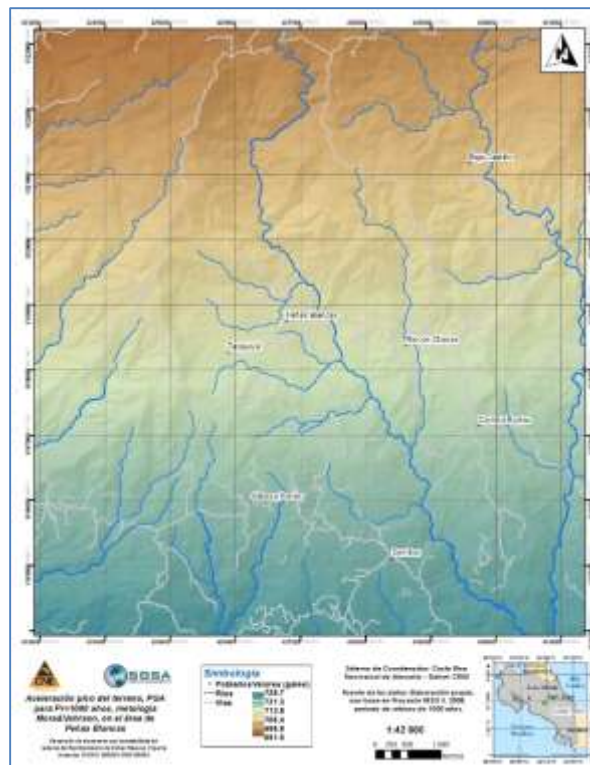


Figura A3-20. Aceleración pico del terreno en gales para un período de recurrencia 1000 años.
Elaboración propia con base en RESIS

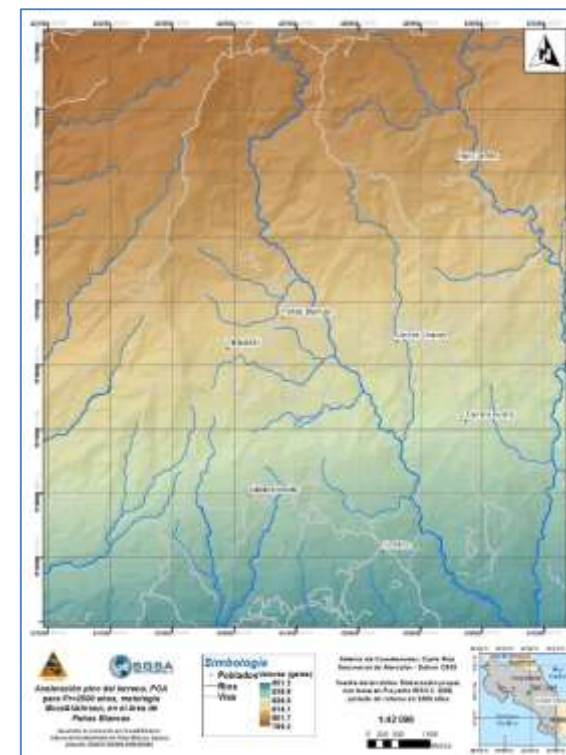


Figura A3-21. Aceleración pico del terreno en gales para un período de recurrencia 2500 años.
Elaboración propia con base en RESIS

⁴ 1 gal = 0,01 m/s². La aceleración gravitacional de la Tierra varía entre 976 y 983 gal.

El Cuadro A3-6 presenta la relación entre la Aceleración pico del terreno (PGA) y el factor de disparo por sismicidad (Ds), de la metodología Mora&Vahrson.

Cuadro A3-6. Aceleración pico del terreno (PGA), valores del factor de influencia de la intensidad sísmica (Ds) y su calificación.

PGA (gales)	Calificación	Factor Ds
7	Marginal o nulo	1
19	Muy bajo	2
47	Bajo	3
105	Moderado	4
218	Mediano	5
415	Considerable	6
728	Importante	7
1175	Elevado	8
1746	Muy elevado	9
2388	Extremadamente elevado	10

Fuente: elaboración propia con base a la fórmula (5).

Además del mapa de PGA, se consideró el potencial de influencia adicional aportado por la presencia de cada falla tectónica durante un evento sísmico intenso. Este factor tiene, como referencia, un estudio específico integrado como parte del Plan Regulador para el cantón de Esparza, realizado en 2001 por el sismólogo Msc. Walter Montero Pohly. En este estudio se incluyen las siguientes fallas, con sus *buffers* respectivos y valores asignados (ver Cuadro A3-7).

Cuadro A3-7. Potencial sísmico de fallas con su valor asignado y área buffer respectiva

Falla	Potencial de actividad sísmica	Buffer (m de cada lado)	Valor incremental asignado para el Ds
Rama norte de la Falla Barranca	Potencialmente activa	100	0,25
Trazo NE hacia las afueras del cantón	Potencialmente activa	100	0,25

Fuente: elaboración con base en criterio de Sergio Mora (2017).

A través de una sumatoria, se integran los mapas de del factor de disparo agregado, por influencia de la PGA y del potencial sísmico de las fallas, para así producir el mapa del factor de disparo por sismicidad Ds para Pr=500 años. (Figura A3-22). De igual forma se procede para los disparos por sismicidad Ds para Pr=1000 y 2500 años (Figuras A3-23, y A3-24).



Figura A3-22. Factor de disparo por sismicidad (Ds), para Pr=500 años, método Mora&Vahrson

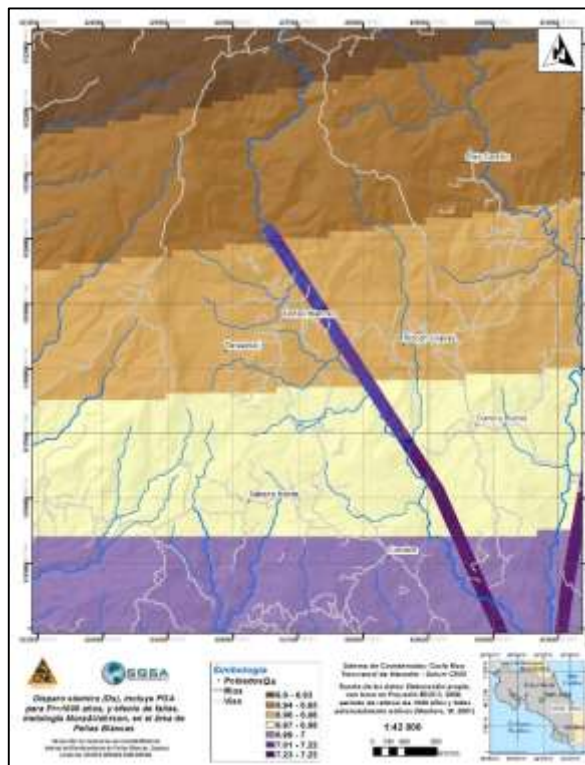


Figura A3-23. Factor de disparo por sismicidad (Ds), para Pr=1000 años, método Mora&Vahrson



Figura A3-24. Factor de disparo por sismicidad (Ds), para Pr=2500 años, método Mora&Vahrson

A3.2.7 Factor de disparo por influencia de la intensidad de las lluvias (Dp)

El factor de disparo, por la influencia de la intensidad de las lluvias (Dp), se obtiene a partir de la clasificación de los eventos diarios de precipitación para 24 horas y un período de recurrencia de 100 años (UNED, 2017). La calificación y el factor Dp respectivo, pueden visualizarse en el Cuadro A3-8.

Cuadro A3-8. Calificación de la influencia de la intensidad de la precipitación máxima de 24 horas, para $T_r = 100$ años

Precipitación máxima, para duración 24 horas y $T_r = 100$ años	Intensidad máxima, para duración 24 horas y $T_r = 100$ años (mm/h)	Calificación	Factor Dp
< 100 mm	0 - 4.17	Muy baja	1
100 – 200	4.17 - 8.33	Baja	2
200 – 300	8.33 – 12.5	Media	3
300 – 500	12,5 – 20.83	Elevada	4
> 600	>25	Muy elevada	5

Fuente: Metodología Mora&Vahrson, 2015.

El factor de disparo derivado de la intensidad de las lluvias (Dp), se incluye en la Figura A3-25. Este factor presenta valores de 4 a 5, con un énfasis en el área media de la cuenca, siguiendo el patrón espacial de la lluvia promedio anual y de lo indicado en el capítulo de las Zonas de Vida de Holdridge. Esto se traduce en una muy elevada influencia del disparo por las lluvias intensas sobre la inestabilidad de laderas.

El obtener escenarios con menor intensidad de lluvia, para periodos de retorno de 25 o 50 años, no se recomienda, dado que lo indicado históricamente señala que el área se ha visto afectada por tormentas muy fuertes tipo ondas tropicales con varios días de duración. Un escenario máximo puede tenerse, considerando un valor de disparo por lluvia de 5.

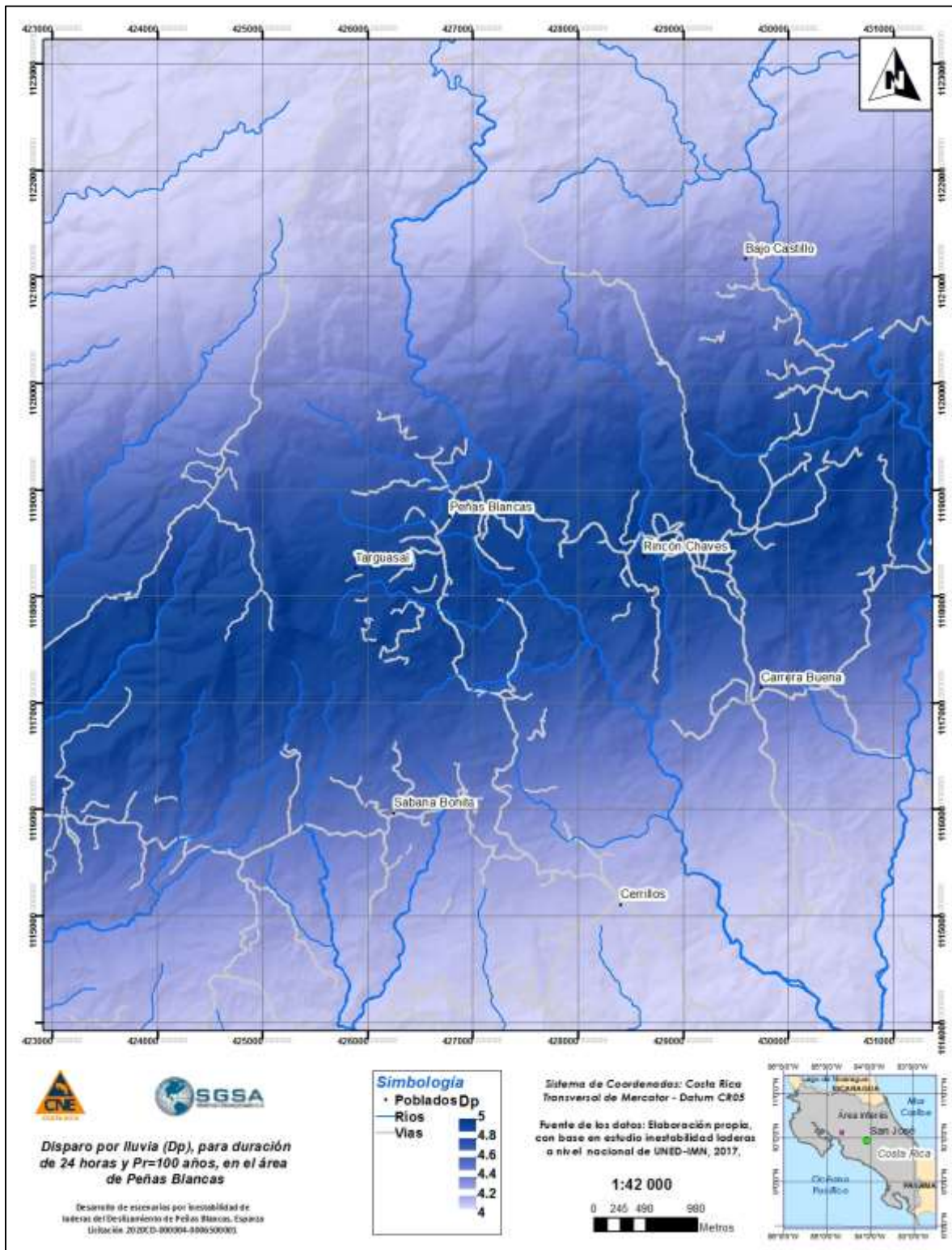


Figura A3-25. Factor de disparo derivado de intensidad de las lluvias (Dp); método Mora&Vahrson Fuente: a partir de la intensidad de lluvia de 24 horas, para Tr=de 100 años, IMN, 2011 y 2012.

A3.2.8 Factores de disparo

El factor de disparo total se calcula como la suma de los factores derivados de la intensidad de la sismicidad y de las lluvias. Este factor se resume en la Figura A3-26 para Dp de 24 horas y Pr=100 años, y Ds para Pr=500 años, .y presenta un valor máximo de 11,9 puntos. El escenario corresponde, de esta manera, con la situación de la amenaza de la inestabilidad de laderas, con un evento sísmico intenso durante la estación lluviosa, luego de una lluvia de elevada intensidad.

En la Figura A3-27 se incluye el disparo para para Dp de 24 horas y Pr=100 años, y Ds para Pr=1000 años, .y presenta un valor máximo de 11,9 puntos.

En la Figura A3-28 se incluye el disparo para para Dp de 24 horas y Pr=100 años, y Ds para Pr=2500 años, .y presenta un valor máximo de 11,9 puntos.

Como un caso máximo en la Figura A3-29 se incluye el disparo para para Dp = 5 y Ds para Pr=1000 años, .y presenta un valor máximo de 11,9 puntos.

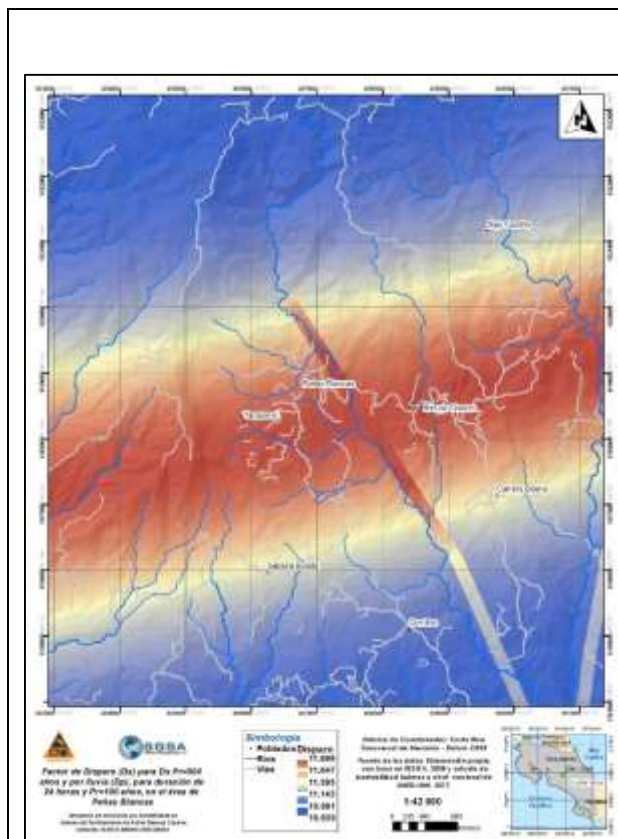


Figura A3-26. Factor de disparo (Dp100-24, Ds500), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas
Fuente: con base al modelo Mora&Vahrson

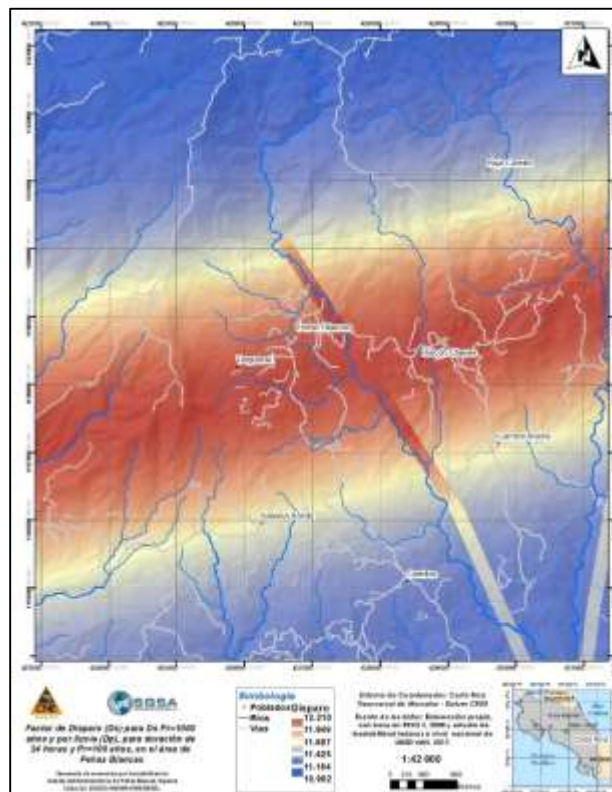


Figura A3-27. Factor de disparo (Dp100-24, Ds1000), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas
Fuente: con base al modelo Mora&Vahrson

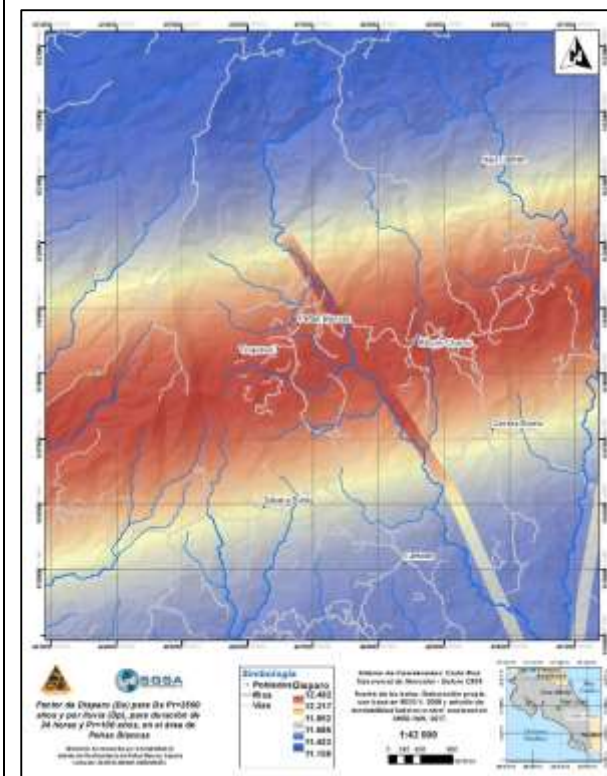


Figura A3-28. Factor de disparo (Dp100-24, Ds2500), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas
Fuente: con base al modelo Mora&Vahrson



Figura A3-29. Factor de disparo ($D_p=5, 24, D_s1000$), método Mora&Vahrson – área de Peñas Blancas
 Fuente: con base al modelo Mora&Vahrson

A3.2.9 Amenaza de la inestabilidad de laderas

La amenaza de la inestabilidad de laderas se obtiene a través de la combinación de las capas de susceptibilidad y disparo y de la reclasificación de sus valores respectivos, lo cual se muestra en Cuadro A3-9 y la Figura A3-30.

Cuadro A3-9. Reclasificación de los valores de la amenaza de la inestabilidad de laderas.

Rangos	Valor	Descripción
0-40	I	Nula
40-120	II	Muy baja
120-240	III	Baja
240 – 400	IV	Media
400 -580	V	Elevada
Mayor de 580	VI	Muy elevada

Fuente: Metodología Mora&Vahrson, 2011.

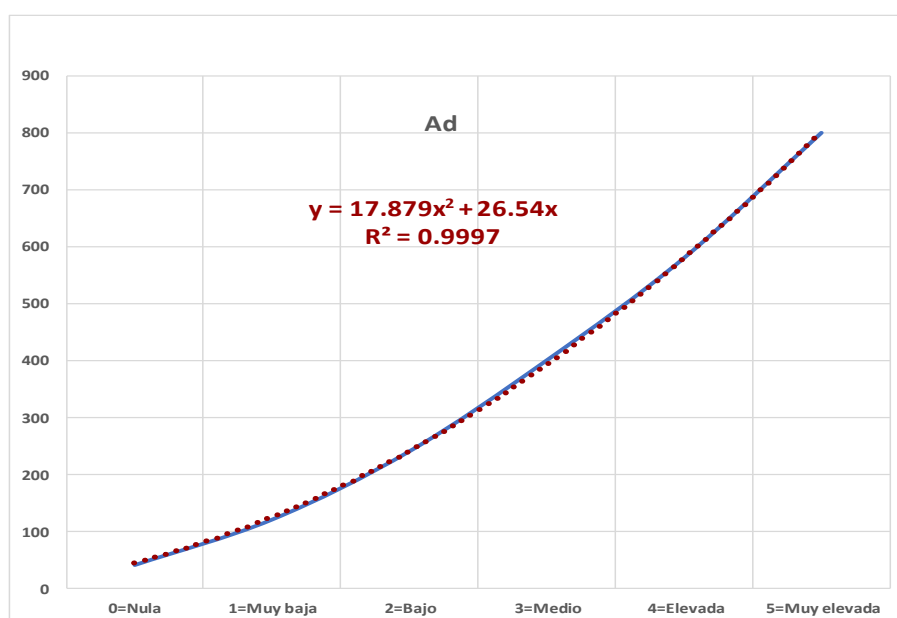


Figura A3-30. Ecuación para reclasifica la inestabilidad de laderas

Se realizaron varias combinaciones para determinar la que mejor define la inestabilidad de laderas: a) Figura A3-31, para factor S_p , y PGA 500 años, b) Figura A3-32 para S_r y PGA 500 años, c) Figura A3-33, para S_p & S_r y PGA 500 años.

Aunque el factor de relieve relativo tanto individual como combinado produce mayor inestabilidad de laderas, se utilizará el factor de pendientes S_p , para comparar con escenarios de disparo sísmico. En la Figura A3-34 se presenta la inestabilidad para un D_s de 500 años, ya presentada en A3-31, para facilitar la comparación y en la Figura A3-35 y A3-36, se presentan los escenarios para un D_s de 1000 y 2500 años, con DP de 24 horas y PR= 100 años.

El escenario escogido corresponde a D_s de 500, con DP de 24 horas y PR= 100 años, y S_p como factor explicado por las pendientes, siendo un escenario conservador y no tan severo para el área.

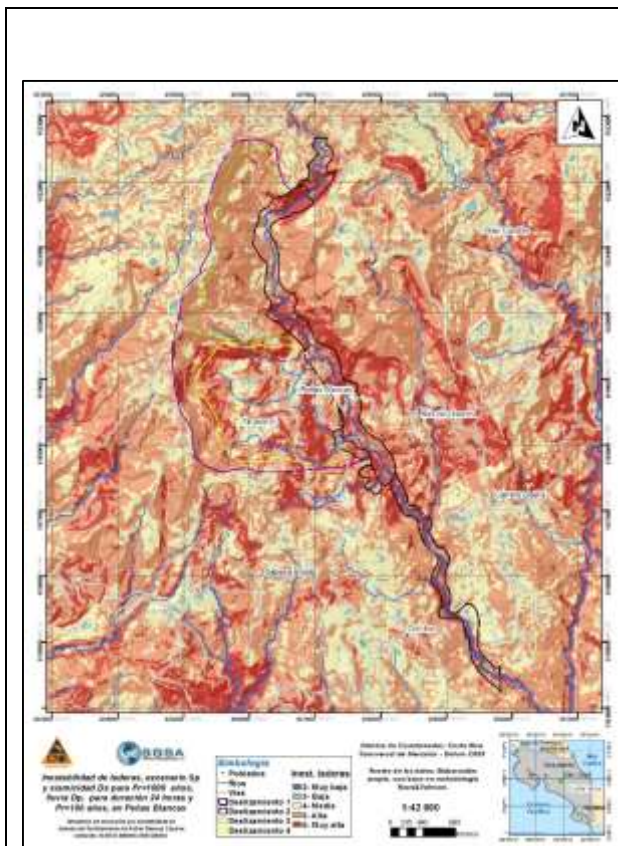


Figura A3-31. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp, y Ds=500 y Dp24, 100.
Fuente: aplicación de la metodología Mora&Vahrson.

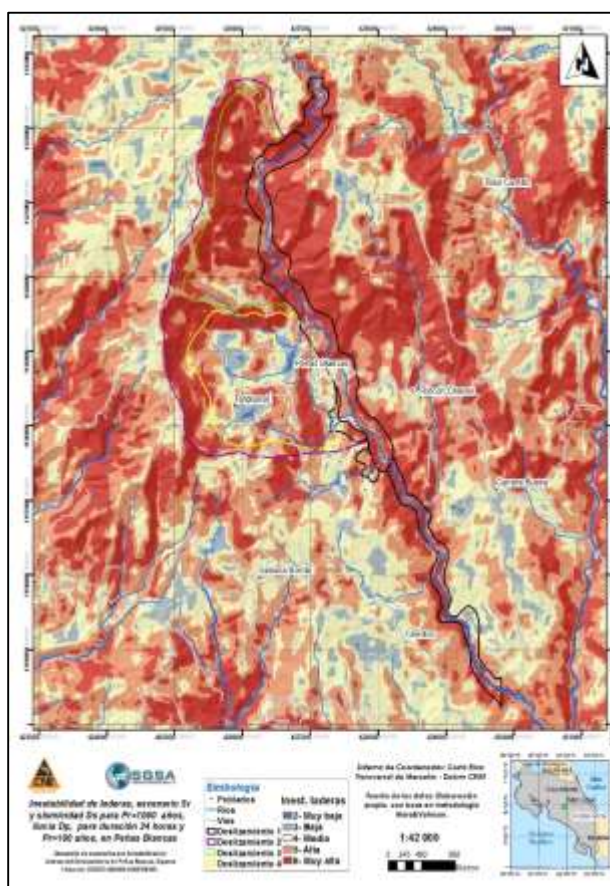


Figura A3-32. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sr, y Ds=500 y Dp24, 100
Fuente: aplicación de la metodología Mora&Vahrson.

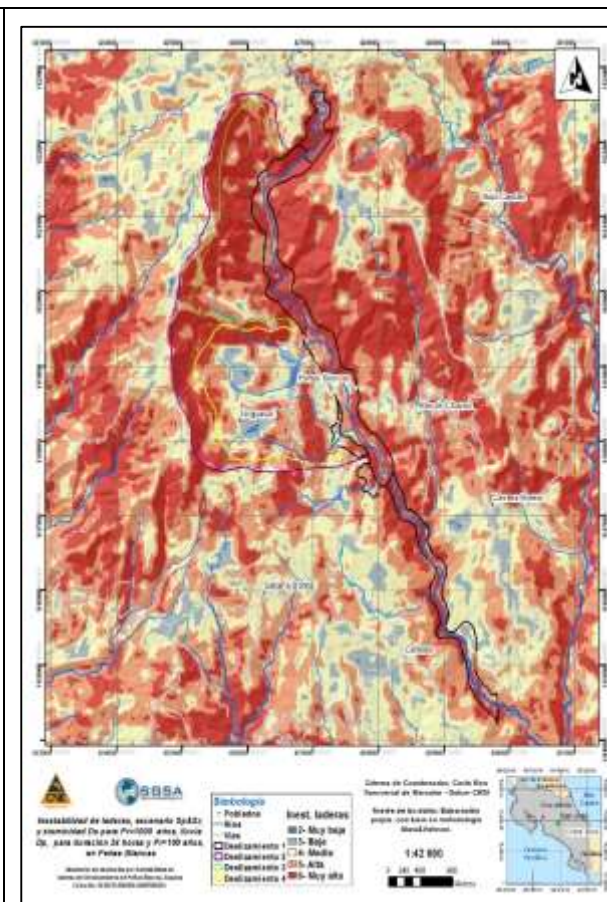


Figura A3-33. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con Sp&Sr, y Ds=500 y Dp24, 100
Fuente: aplicación de la metodología Mora&Vahrson

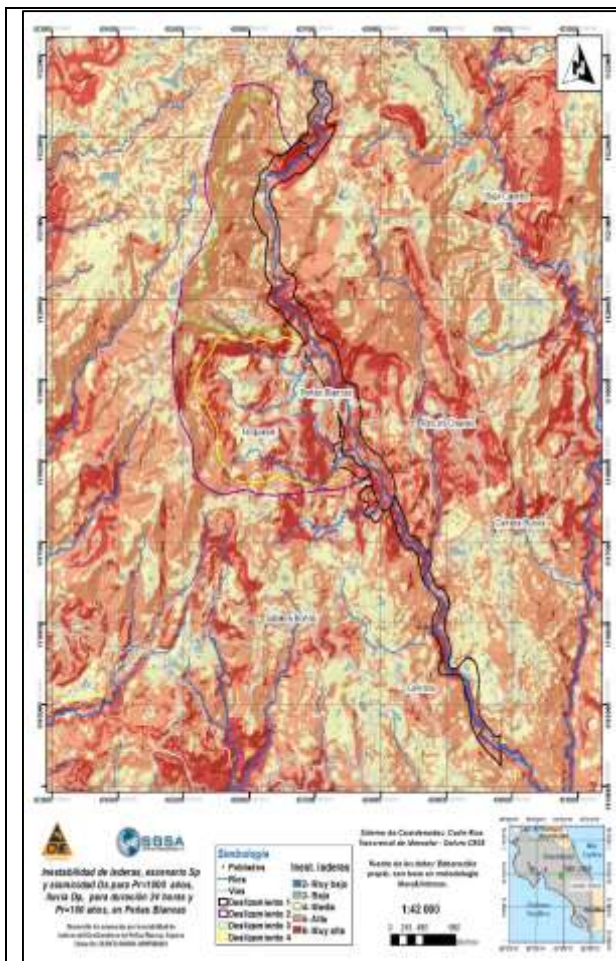


Figura A3-34. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con S_p , y $D_s=500$ y $D_p24, 100$. Fuente: aplicación de la metodología Mora&Vahrson.

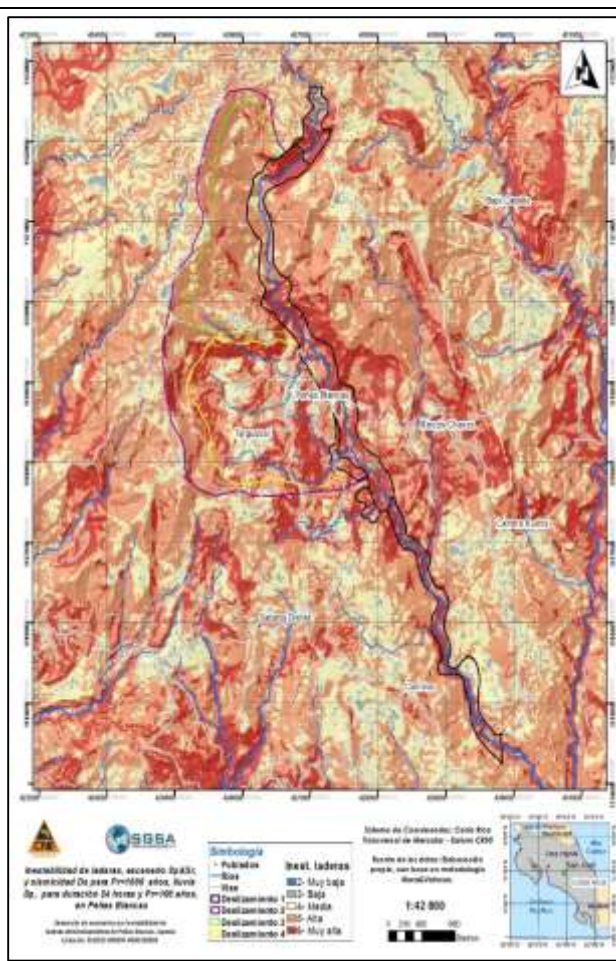


Figura A3-35. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con S_p , y $D_s=1000$ y $D_p24, 100$. Fuente: aplicación de la metodología Mora&Vahrson.

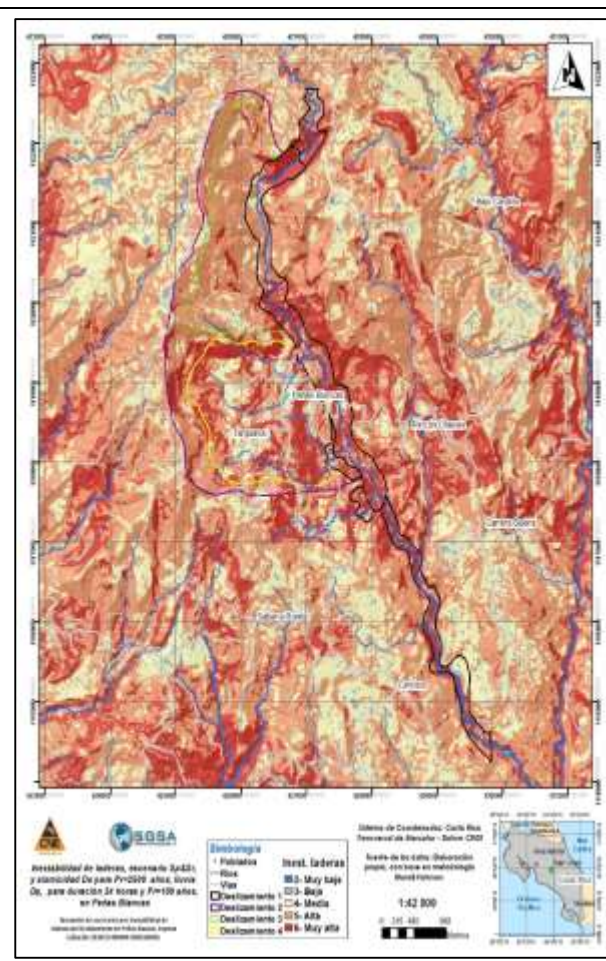


Figura A3-36. Inestabilidad potencial de deslizamientos, en Peñas Blancas, con S_p , y $D_s=2500$ y $D_p24, 100$. Fuente: aplicación de la metodología Mora&Vahrson.

Anexo 4

Nombre del sistema: Infraestructura en sitio Peñas Blancas

- Componente No. _____

- Nombre del propietario: _____

- Descripción: _____ Descriptor: _____

- Ubicación en coordenadas X y Y: _____, _____

- Elevación en m.s.n.m: _____

- Tipo constructivo _____

- Clasificación por Uso: a) vivienda, b) bodega, c) Otro: tanque o toma de agua, camino, especifique: _____

- Número de pisos o niveles: _____

- Sistema estructural principal:

- Muros divisorios: _____
- Material de pisos en primer piso: _____
- Material en pisos superiores : _____
- Bases y/o zapatas: _____

- Tipo de cubierta o techumbre: _____

- Área construida (m²): _____

- Área del terreno (m²): _____

- Ocupación Max. Día: _____

- Ocupación Max. Noche _____

- Ocupación sábados, domingos y feriados, si es diferente a las anteriores: _____

Información de vulnerabilidad

- Se han presentado sismos () No o () (Califique intensidad: a) alta, b) media, c) baja. Hay evidencias de rajaduras en paredes.....

- Intensidad de los vientos: () elevada-vegetación orientada y doblada, () media-vegetación orientada, () baja, PREGUNTE POR EPOCA DEL AÑO, DE VIENTOS INTENSOS? -----

- ¿Daños a las estructuras por causa del viento?: _____

- Inundaciones, flujos de lodo, aludes torrenciales (cabezas de agua) en el cauce del río:

- Desbordamientos del río: () muy grandes, () medianos, () pequeños, ¿DÓNDE?-----
----- ¿Cuándo?: _____

- Hay evidencias de deslizamientos: () Muy grandes, () medianas, () pequeñas. ¿Observa grietas en pisos, paredes o muros inclinados, puertas o ventanas trabadas, desniveles en vivienda o pasillos; calles, aceras, tuberías?

- Se observa erosión: () eólica-viento, () hídrica, () gravitatoria: () Severa, () mediana, () leve

Anotaciones específicas:

1. _____
2. _____
3. _____

Diagrama de ubicación:

Foto Nos:

Anexo 5. Inventario de infraestructura en el sitio, se entrega con la BD geo referenciado con mayor información.

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Dia	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
1	PB1a	MEP	Escuela	11	0	0	Escuela	1	Fibrolit y hierro		ceramica	zinc	Desniveles, grietas en pisos y paredes	Con dañ visible	72	4-Media	2-Medio	38
2	PB1b	SI	EBAIS	0	0	0	Centro de salud	1	prefabricado	prefa		zinc	Presenta fractura de paredes en una direccion, frietas en pisos y paredes.	Direcion de grietas NE 61°. Se encuentra ubicada en propiedad de la escuela.	72	5- Alta	3-Alto	60
3	PB02	Emilio Fernandez Chaves	Casa de habitacion	1	1	0	Vivienda	1	Socalo y fibrolit		Mosaico	Zinc	Grieta en paredes y muros inclinados.	No se encuentra propietario. Esta casa presenta grietas severas en paredes en paredes y desplome de los	82	4-Media	2-Medio	38
4	PB03	Federico Alvarado	casa de madera	2	2	0	Vivienda.	1	Madera	madera	ceramica	zinc		SDV	130	4-Media	2-Medio	38
5	PB04	Mirco Brandiello	casa de madera	0	0	4	Vivienda	1	madera	madera	cemento y madera	zinc		Casa cerca de la piscina del rancho. SDV.	316	4-Media	2-Medio	38
6	PB05	SI	Casa	0	0	0	Vivienda	1	socalo		lujado	zinc	Grieta en paredes y muros inclinados.	Esta vivienda tiene grietas y desploma en la paredes. CDV.	88	4-Media	2-Medio	38
7	PB06	Alfredo Barrantes	Habitacion	0	0	0	vivienda	1	zinc	zinc	ceramica	zinc		Don Feliz desconoce nombre del propietario	221	5- Alta	3-Alto	60
8	PB07	Modesto Barrantes	Casa	0	0	0	Vivienda	1	prefabricado	prefa	ceramica	Zinc	Grietas en piso.	En proceso de construccion. Reventadura de piso.	30	6- Muy alta	3-Alto	60
9	PB08	Alfredo Barrantes	Casita de madera	0	0	0	Vivienda	1	madera	madera	tierra			SDV	25	5- Alta	3-Alto	60
10	PB09	Alba Rosa Torres	Madera de recreo.	0	0	0	Vivienda	1	Madera	madera				Casa no habitada regularmente.	60	3- Baja	1-Bajo	10
11	PB10	Francisco Chaves Morales	Casa de madera	3	3	3	Vivienda	1	Madera y cemento	madera	ceramica y pisos	zinc		SI	77	4-Media	1-Bajo	10
12	PB11	Francisco Chaves Morales	Bodega	0	0	0	bodega	0	madera	madera	tierra			Esta propiedad presenta hundimientos en sus estructuras	38	4-Media	1-Bajo	10
13	PB12	Francisco Chaves Morales	casa de madera	1	1	1	vivienda	0	madera	madera	madera			No presenta daños.	29	4-Media	1-Bajo	10
14	PB13	Francisco Chaves Morales	casa de madera	0	0	0	vivienda	1	madera	madera	cemento	zinc	Grietas en piso.	Presenta grieta en el piso de la sala.	75	4-Media	1-Bajo	10

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Día	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
15	PB14	Greivin Chaves Quesada	casa de madera	5	5	5	vivienda	0	madera	madera	madera	zinc		No se observan grietas o daños.	109	5- Alta	2-Medio	38
16	PB15	Francisco Chaves Morales	Corral	0	0	0	corral	0	madera				Medianas, denivel en columnas.	Corral presenta hundimiento en un costado	150	4-Media	1-Bajo	10
17	PB16	Giovany Soto	Zocalo	4	4	4	vivienda	1	socalo	madera	cemento	zinc		SI	77	5- Alta	3-Alto	60
18	PB17	Gerardo Soto Fernandez	Casa	3	3	3	vivienda	1	fbrolit			zinc		En verano vientos fuertes.	85	4-Media	3-Alto	60
19	PB18	Mario Hidalgo	Casa de habitación	1	1	5	vivienda	1		socalo	ceramica	zinc		SI	112	4-Media	2-Medio	38
20	PB19	Raul Sibaja	prefabricado	2	2	2	vivienda	1	prefabricado	prefa	ceramica	zinc	Deslizamiento atrás por naciente.	SDV	80	4-Media	2-Medio	38
21	PB20	Osvaldo Cordova	Casa	2	2	2	vivienda	0	cemento		ceramica	zinc	En el fondo de la finca	SDV	70	4-Media	1-Bajo	10
22	PB21a	Benedicto Salas	Casa	0	0	0	vivienda	0	socalo		lujado	zinc	Presenta grietas en paredes.	CDV	46	5- Alta	2-Medio	38
23	PB21b	Luis Cordoba	Casa	3	3	3	vivienda	0	madera	madera	mosaico y lujado			SDV	78	4-Media	1-Bajo	10
24	PB22a	Odiney Gatjens Mora	Casa	1	2	2	vivienda	1	madera		ceramica			SDV	70	4-Media	3-Alto	60
25	PB22b	Hijo de Odiney	Casa	0	0	0	vivienda	2	cemento		cemento	zinc		SDV	61	5- Alta	2-Medio	38
26	PB23	Alexander	Cabina	0	0	0	vivienda	1	fibrolit y madera	fibrolit	cemento	zinc		SDV	50	5- Alta	3-Alto	60
27	PB24	Alexander	Casa	0	0	0	vivienda	1	prefabricado y madera		ceramica y lujado	zinc		CDV	78	5- Alta	3-Alto	60
28	PB25	Alexander	corral	0	0	0	vivienda	1				zinc		CDV	48	5- Alta	3-Alto	60
29	PB26	Jose Gonzalez	Casa	3	3	3	vivienda	1	socalo y cemento		mosaico	zinc		CDV	75	5- Alta	3-Alto	60
30	PB27	Francisco Alvarado	Casa	2	2	2	vivienda	1	fibrolit y madera	fibrolit	cemento lujado	zinc		SDV	69	5- Alta	3-Alto	60

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Dia	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
31	PB28	Marvin Muñiz	Casa	6	6	6	vivienda	1	madera		ceramica	zinc		SDV	81	6- Muy alta	3-Alto	60
32	PB29	Francisco Alvarado	Casa	2	2	2	vivienda	1	prefabricado	prefa	ceramica			SDV	84	5- Alta	3-Alto	60
33	PB30	Mauricio Gonzalez	Casa	2	2	2	vivienda	1	cemento y madera	madera	mosaico	zinc		SDV	88	5- Alta	2-Medio	38
34	PB31	Bernave Rodriguez	Casa	7	7	7	vivienda	1	prefabricado	prefa	lujado	zinc		SDV	80	5- Alta	2-Medio	38
35	PB32	Juan Valenciano	Casa de habitacion	3	3	3	vivienda	1	cemento y madera	madera	mosaico y ceramica	zinc		SDV	54	5- Alta	2-Medio	38
36	PB33	Juan Castillo	casa	1	1	1	vivienda	1	socalo	madera		zinc		SDV	54	4-Media	3-Alto	60
37	PB34	Carlos Castillo	casa	0	0	0	vivienda	0	socalo	socalo	ceramica	zinc		SDV	48	4-Media	3-Alto	60
38	PB35	Shirley Valencia	casa	4	4	4	vivienda	1	prefa	prefa	ceramica	zinc		SDV	96	4-Media	2-Medio	38
39	PB36	Victor Julio Carvajal	casa	4	4	4	vivienda	1	prefa	prefa	ceramica	zinc		SDV	123	5- Alta	3-Alto	60
40	PB37	Victor Julio Carvajal	apt	1	1	1	vivienda	0	cemento		ceramica	zinc		SDV	36	5- Alta	3-Alto	60
41	PB38	Miguel Carvajal	casa	2	2	2	vivienda	1	baldosa	madera	ceramica y porcelaneta	zinc		SDV	90	5- Alta	2-Medio	38
42	PB39	Jose Vargas	casa	2	2	2	vivienda	1	prefa	prefa	lujado	zinc		SDV	84	4-Media	1-Bajo	10
43	PB40	Silverio Gonzalez	casa	3	3	3	vivienda	2	socalo y madera	madera	ceramica	zinc		SDV	96	5- Alta	2-Medio	38
44	PB41	Mario Carvajal Chacon	casa	0	0	0	vivienda	1	block	block	ceramica	zinc		SDV	122	5- Alta	3-Alto	60
45	PB42	Marvin Carvajal Chaves	casa	3	3	3	vivienda	1	socalo, block, fibrolit		ceramica	zinc		No presenta dañs. Informacion del hermano, SDV.	84	4-Media	2-Medio	38

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Dia	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
46	PB43	CURIA	Iglesia	0	0	0	Iglesia	1						Se observa grieta en el centro de la estructura. CDV.	1250	3- Baja	2-Medio	38
47	PB44	Cecilia Espinoza	Casa	7	7	7	Vivienda	1	socalo	socalo	ceramica	zinc	Grietas en paredes del baño.	Casa presenta varias grietas en el cemento del socalo. CDV.	95	6- Muy alta	3-Alto	60
48	PB45	Dora Vega Chavarria	Casa	1	1	1	vivienda	1	socalo y fibrolit	socalo	lujado	zinc	Grietas en piso.	Tiene grieta en piso.	80	4- Media	2-Medio	38
49	PB46	Soledad Chavarria Jimenez	Casa	2	2	2	vivienda	1	socalo	socalo	lujado		grietas en piso a lo largo de la casa.	Casa en mal estado.	60	4- Media	2-Medio	38
50	PB47	Xinia V	Casa	0	0	0	vivienda	1	socalo		ceramica	zinc		No se pudo ingresar todo c llave y sra Ausente.	42	4- Media	2-Medio	38
51	PB48	Heriberto Alvarado	Casa	6	6	6	vivienda	1	socalo	socalo	lujado	zinc	Grietas en pisos, desnivel en la vivienda.	Casa con giretas en piso. CDV.	74	5- Alta	2-Medio	38
52	PB49	Elvis Chaves	Casa	2	2	2	vivienda	1	madera	madera	ceramica	zinc	Grietas en la parte de atrás de la casa.	CDV	60	4- Media	2-Medio	38
53	PB50	Antonio Salas Rodriguez	Casa	1	1	1	vivienda	1	prefabricado y baldosa	baldosa y fibrolit	ceramica	zinc	Puertas trabadas.	CDV	67	3- Baja	1-Bajo	10
54	PB51	Antonio Salas Rodriguez	Casa	5	5	5	vivienda	1	baldosa y prefa	fibrolit y baldosa	mosaico y ceramica	zinc		SDV	69	4- Media	1-Bajo	10
55	PB52	María Gonzales Arroyo	Casa	1	1	1	vivienda	1	socalo	socalo y fibrolit	lujado	zinc		SDV	60	4- Media	1-Bajo	10
56	PB53	María de los Angeles Gonzalez	Casa	1	1	1	vivienda	1	socalo	socalo	lujado	zinc		SDV	72	4- Media	1-Bajo	10
57	PB54	Antonio Salas Rodriguez	Casa	4	4	4	vivienda	1	socalo	socalo	mosaico y ceramica	zinc	Grietas en paredes de 3mm.	CDV	142	4- Media	1-Bajo	10
58	PB55	Antonio Salas Rodriguez	Cabaña	0	0	0	vivienda	1	madera	madera	madera	zinc		Cabaña para alquiler. SDV.	54	4- Media	2-Medio	38
59	PB56	Felix Carvajal Chavez	Casa	2	2	2	vivienda	2	socalo	fibrolit y madera	ceramica	zinc		SDV	94	4- Media	2-Medio	38
60	PB57	Evan Chavarria	casa de peon	5	5	5	vivienda	1	socalo	socalo	ceramica	zinc	Grietas en paredes de 5mm.	SI	62	4- Media	1-Bajo	10

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Día	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
61	PB58	Evan Chavarria	casa principal	0	0	4	vivienda	1	socalo	socalo	ceramica	zinc		Entrevista a Pedro	212	4-Media	1-Bajo	10
62	PB59	Evan Chavarria	Casa	0	0	0	vivienda	0	socalo y madera	madera	mosaico	zinc		Casa para peones no habitada.	176	5- Alta	2-Medio	38
63	PB60	Rolando Ramirez	Casa	2	2	2	vivienda	1	prefabricado	prefa	mosaico y lujado	zinc		SI	0	4-Media	1-Bajo	10
64	PB61	Gerardo Elizondo	Rancho turístico	140	140	140	turístico	1	madera	madera	cemento	zinc		La piscina presenta grieta reparada en el centro.	40000	4-Media	2-Medio	38
65	PB62	Roxana Arroyo Soto	lugar comercial	0	0	0		1	socalo	socalo	lujado		Se observan grietas en paredes.	Local comercial(Pulperia y cantina)	318	3- Baja	2-Medio	38
66	PB63	Inversiones Tarquizal	Casa	4	4	4	vivienda	1	baldosa, prefa	prefa	ceramica	zinc		SDV	60	4-Media	3-Alto	60
67	PB64	Marcelino Morales	Casa	1	1	1	vivienda	1	cemento	cemento	ceramica	zinc		SDV	142	4-Media	2-Medio	38
68	PB65	Jhoan	lugar comercial	0	0	4	planta de proceso	1	socalo	madera	ceramica	zinc		Lugar donde se elaboran mermeladas. SDV.	57	5- Alta	3-Alto	60
69	PB66	Alberto Vega	Cabina	0	0	0	vacacional	1	zinc		ceramica	zinc		SDV	28	5- Alta	2-Medio	38
70	PB67	Alberto Vega	Cabina	0	0	0	recreacional	2	socalo		ceramica	zinc		SDV	26	5- Alta	2-Medio	38
71	PB68	Ana Mariela Medrano Fuentes	Casa	0	0	4		1	prefabricado	baldosa y prefa	ceramica	zinc		Casa recién construida. SDV.	60	5- Alta	2-Medio	38
72	PB69	En terreno de la escuela	salon comunal	0	0	0	Salon comunal	1	perling	zinc	lujado	zinc	Grietas en pisos.	Salon cerrado no se pudo entrar. CDV.	462	4-Media	2-Medio	38
73	PB70	Juan Patjens	Casa	0	0	0	vivienda	1	cemento	cemento	adoquin	zinc	Grietas en pisos y paredes.	Grietas en paredes horizontal vertical. CDV.	159	4-Media	1-Bajo	10
74	PB71	Yanci Araya	Casa	0	0	6	vivienda	1	madera	madera	mosaico y madera	zinc	muy grande, grietas en piso, muros inclinados	Casa deshabitada en muy malas condiciones. CDV.	63	5- Alta	3-Alto	60
75	PB72	Diana Bermudez	Casa	4	4	4	vivienda	1	socalo	plastimax	ceramica	zinc		SDV.	114	4-Media	1-Bajo	10

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Dia	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
76	PB73	Diana Bermudez	Cabinas	0	0	0	cabinas	1	socalo		ceramica	zinc		SDV.	55	4-Media	1-Bajo	10
77	PB74	Alberto Vega	casa deshabitada	0	0	0	vivienda	1	madera y fibrolit	fibrolit	lujado	zinc	muros inclinados, desniveles en vivienda	Casa mal construida, deshabitada en malas condiciones no prefabricada	46	3-Baja	1-Bajo	10
78	PB75	Seidy Gonzalez Chaves	Casa	4	4	4	vivienda	1	socalo	socalo	mosaico	zinc		Casa con 100 años de construida aproximadamente.	81	4-Media	1-Bajo	10
79	PB76	Napoleon Gonzalez	Casa	2	2	2	vivienda	1	socalo	socalo	mosaico	zinc		SDV	91	4-Media	1-Bajo	10
80	PB77	Seidy Gonzalez Chaves	Casa	0	0	0	vivienda	2	cemento	cemento	madera	zinc		Casa en proceso de construccion	72	4-Media	1-Bajo	10
81	PB78	Napoleon Gonzalez	Casa	2	2	2	vivienda	1	madera	madera	lujado	zinc	Grietas en paredes.	Casa vieja en malas condiciones. CDV.	76	4-Media	1-Bajo	10
82	PB79	Municipalidad	vestidores de campo de deportes	0	0	0	vestidor	1	prefabricado	prefa	lujado	zinc	Grietas en paredes y muros inclinados.	CDV	36	4-Media	1-Bajo	10
83	PB80	Felix Morales	Casa	1	1	1	vivienda	1	socalo	socalo	Porcelanato	zinc	Grietas en paredes.	casa muy dañada. CDV.	96	5-Alta	3-Alto	60
84	PB81	Alvaro	Casa	0	0	0	vivienda	1	cemento y madera	cemento y madera	lujado	zinc		Casa en alto.	116	6-Muy alta	3-Alto	60
85	PB82	Jose Gonzalez Chaves	Casa	3	3	3	vivienda	1	socalo		lujado	zinc		SDV	108	4-Media	1-Bajo	10
86	PB83	Juan Castillo	Casa	0	0	0	vivienda	1	madera y fibrolit					Casa deshabitada y destruida por comejen. No se midio por el estado de la	60	4-Media	2-Medio	38
87	PB84	Ana Morales	local comercial.	0	0	0	vivienda	1	madera	madera	madera y cemento	zinc	Grietas en piso.	CDV	1898	3-Baja	2-Medio	38
88	PB85	Jesus Segura	Casa	0	0	0	vivienda	1	socalo		ceramica	zinc	Grietas en paredes.	Señr no se encuentra.	56	5-Alta	1-Bajo	10
89	PB86	Xinia V	Casa	0	0	0	vivienda	1	socalo		ceramica	zinc estructural		SDV	113	5-Alta	3-Alto	60

Número	Identificador	Propietario	Descripción	Ocup. Dia	Ocup. Min	Ocup. Final	Clasi. Uso	Num. pisos	Sist. Estructural	Muros Div.	Mat_piso	Techumbre	Evid_Desli	Anotaciones específicas	Area	Inest. Desliz.	Valor Semáforo	Porcentaje daño
90	PB87	Anabell Valenciano	Casa	2	2	2	vivienda	1	socalo	socalo	ceramica y mosaico	zinc	Grietas en el socalo	CDV	98	4-Media	2-Medio	38
91	PB88	Waltermena	Casa	0	0	0	vivienda	2	cemento	madera	ceramica	zinc		Casa construida recientemente. SDV.	76	3-Baja	2-Medio	38
92	PB89	Mario Chinchilla	Casa	0	0	0	vivienda	1	SI	SI	SI			No se pudo localizar, no se puede entrar.	80	4-Media	3-Alto	60
93	PB90	Omar Morales	Casa	3	3	3	vivienda	1	socalo	socalo	ceramica	zinc		SDV	183	4-Media	2-Medio	38
Simbologia																		
	SDV	Sin daños en vivienda																
	CDV	Con daños en vivienda																
	SI	Sin información, no se pudo ingresar																