



**DESARROLLO DE ESCENARIOS POR INESTABILIDAD DE
LADERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES DE
MANEJO EN EL USO DE LA TIERRA EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL DESLIZAMIENTO DE ABROJO,
COMUNIDAD DE ABROJO, CANTÓN DE CORREDORES**

Distrito Corredor, cantón Corredores, provincia Puntarenas

Contraparte técnica y administrativa de la contratación:

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias

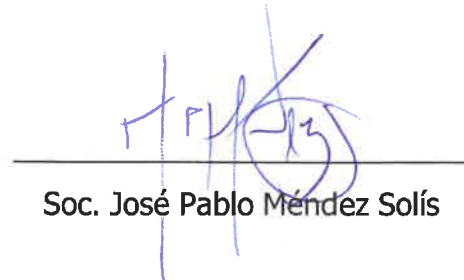


Diciembre 2019

Equipo profesional



Ing. Federico Arellano Hartig M.Sc.



Soc. José Pablo Méndez Solís




Geól. Adrián Martínez Alpízar



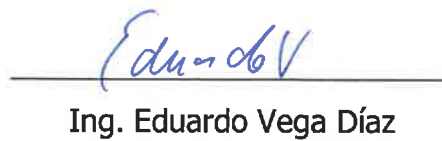
Geól. Manuel Mora Picado



Cartógrafa Katherine Padilla Umaña



Geógr. Andrey Villalobos Jiménez



Ing. Eduardo Vega Díaz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	10
1.1. OBJETIVO DE TRABAJO	10
1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	10
1.3. ANTECEDENTES	12
1.3.1. Factores condicionantes (intrínsecos)	13
1.3.2. Factores desencadenantes (externos)	13
2. CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO Y PROCESOS DE INESTABILIDAD DE LADERAS	15
2.1. ÁREAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTO	15
2.1.1. Factores y parámetros del MV.....	16
2.1.2. Parámetro de susceptibilidad litológica (S_L).....	18
2.1.3. Parámetro de susceptibilidad por humedad del suelo (S_H)	20
2.1.4. Parámetro de susceptibilidad por pendiente del terreno (S_R).....	21
2.1.5. Parámetro de disparo por sismicidad (D_S).....	21
2.1.6. Parámetro de disparo por intensidad de lluvias (D_{LL})	22
2.1.7. Resultados para la microcuenca del río Abrojo	23
2.2. MODELAJE DEL DESLIZAMIENTO	35
2.3. MODELAJE HIDRÁULICO DE UN POSIBLE DISPARO DE LA MASA Y SU ÁREA DE INFLUENCIA	45
2.3.1. Hidrología de la subcuenca del río Abrojo	45
2.3.2. Modelo hidráulico.....	53
2.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN Y AVENIDA PROBABLE	57
2.5. POSIBLES MEDIDAS DE INTERVENCIÓN	59
2.6. UMBRALES DE DISPARO.....	59
3. CARACTERIZACIÓN DE VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE INTERVENCIÓN	60
3.1. USO DE LA TIERRA, CAPACIDAD DE USO Y CONFLICTO DE USO	60
3.2. REGISTRO DE EVENTOS CRÍTICOS	71
3.3. COMPOSICIÓN ETARIA DE LA POBLACIÓN	74
3.3.1. Datos demográficos	75
3.3.2. Distribución geográfica de la población.....	76
3.4. PRINCIPALES ORGANIZACIONES SOCIALES DEL CANTÓN	78
3.5. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS DEL ENTORNO	80
3.6. INFRAESTRUCTURA COMUNAL EXPUESTA ANTE AMENAZA.....	83

3.7.	ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN COMUNAL DEL RIESGO	87
3.7.1.	Mapas de percepción.....	87
3.7.2.	Metodología de los talleres	88
3.7.3.	Asistencia a los talleres	93
3.7.4.	Metodología de los talleres	93
3.7.5.	Memoria histórica.....	107
3.8.	ASPECTOS SOCIALES POSITIVOS Y NEGATIVOS IDENTIFICADOS	108
3.8.1.	Degradación ambiental.....	109
3.8.2.	Emergencias y desastres	110
3.8.3.	Plan regulador cantonal.....	110
3.8.4.	Salud y educación	110
3.9.	ESCENARIOS DE INTERVENCIÓN DEL GOBIERNO LOCAL	112
3.10.	INSUMOS A INCORPORAR EN EL PLAN REGULADOR CANTONAL.....	113
4.	PROPUESTA DE USO DE LA TIERRA PARA EL ENTORNO DEL DESLIZAMIENTO...114	
4.1.	MAPA DE ZONIFICACIÓN.....	114
4.2.	ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN A PLAZO DE 5 AÑOS.....	118
5.	DISEÑO DE SISTEMA DE VIGILANCIA Y ALERTA TEMPRANA	120
5.1.	MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO	120
5.2.	DESPLAZAMIENTO DEL TERRENO.....	121
5.3.	CAPACITACIÓN COMUNAL	123
5.4.	DISEÑO DE ALERTAS Y PROTOCOLOS.....	124
5.4.1.	Funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT).....	124
5.4.2.	Protocolo de activación de la alerta para el caso del río Abrojo	126
5.4.3.	Activación de las alertas	127
6.	CONCLUSIONES.....	129
7.	RECOMENDACIONES.....	131
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
9.	ANEXOS	134
9.1.	ANEXO 1: LISTAS DE ASISTENCIA A LOS TALLERES DE PERCEPCIÓN DE RIESGO REALIZADOS EN LAS COMUNIDADES DE MIRAMAR Y ABROJO.	134
9.2.	ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS TALLERES DE PERCEPCIÓN DE RIESGO REALIZADOS EN LAS COMUNIDADES DE MIRAMAR Y ABROJO	136

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales características del mega deslizamiento de Abrojo (tomado de Madrigal 2016)	14
Cuadro 2. Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento.....	17
Cuadro 3. Clasificación del factor litológico y su influencia en la susceptibilidad a la inestabilidad de las laderas.....	18
Cuadro 4. Clasificación de los valores medios mensuales de las precipitaciones	20
Cuadro 5. Factor de humedad resultante de la clasificación de los valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual	21
Cuadro 6. Clasificación del factor pendiente según los rangos obtenidos	21
Cuadro 7. Determinación del factor de intensidad sísmica como desencadenante en la generación de deslizamientos de tierra, utilizando valores de intensidad de cien años (Escala Mercalli Modificada).....	22
Cuadro 8. Factor de intensidad de precipitación S_{LL} resultante de la clasificación de las precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años	22
Cuadro 9. Valor S_L asociado a las litologías identificadas	25
Cuadro 10. Datos meteorológicos de la estación Coto 47	26
Cuadro 11. Datos de lluvias máximas en 24 horas para la zona estudio con diferentes periodos de retorno	30
Cuadro 12. Precipitación por periodo de retorno.....	46
Cuadro 13. Hietograma para tormenta en la Estación Coto 49.....	48
Cuadro 14. Uso del suelo en la subcuenca río Abrojo.....	50
Cuadro 15. Número de curva según uso y clase hidrológica	51
Cuadro 16. Hidrogramas calculados para la subcuenca del río Abrojo.....	52
Cuadro 17. Cambio del uso de la tierra para el deslizamiento del río Abrojo.....	63
Cuadro 18. Clasificación del uso de la tierra para subcuenca del río Abrojo.....	64

Cuadro 19. Criterios para la determinación de los diferentes conflictos de uso de la tierra	69
Cuadro 20. Conflictos de uso de la tierra identificados para la subcuenca del río Abrojo	71
Cuadro 21. Eventos registrados en la zona de estudio durante el periodo de	72
Cuadro 22. Subcuenca del río Abrojo. Conformación por unidades geoestadísticas mínimas y comunidad de pertenencia	74
Cuadro 23. Organizaciones presentes en el cantón de Corredores	79
Cuadro 24. Organizaciones presentes en la cuenca del río Abrojo	80
Cuadro 25. Características de la palma africana (fuente FAO 2001)	80
Cuadro 26. Producción y rendimiento del cultivo de palma en el cantón de Corredores según área de cultivo, rendimiento (tonelada por hectárea), producción anual y número de productores al año 2008.....	81
Cuadro 27. Identificación de infraestructura comunal expuesta a la amenaza	84
Cuadro 28. Mapeo de distribución por sedes para talleres participativos.....	87
Cuadro 29. Fortalezas y debilidades identificadas en el taller de la comunidad de Miramar.....	98
Cuadro 30. Fortalezas y debilidades identificadas en el taller de la comunidad de Abrojo	106
Cuadro 31. Centros educativos según comunidad y matrícula 2018.....	111
Cuadro 32. Indicadores generales de salud.....	111
Cuadro 33. Criterios de valoración considerados en el análisis espacial para la determinación de la zonificación propuesta.....	115
Cuadro 34. Estrategia de intervención propuesta para la cuenca del río Abrojo según zonificación de áreas prioritarias.....	118
Cuadro 35. Ubicación de las diferentes radio bases y su importancia en el SAT.....	125

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación del área de estudio	11
Mapa 2. Mapa geológico de la subcuenca del río Abrojo.....	24
Mapa 3. Mapa de la clasificación del factor litológico en la subcuenca del río Abrojo.....	27
Mapa 4. Mapa de la clasificación del factor de humedad del suelo	28
Mapa 5. Mapa de la clasificación del factor pendiente de la subcuenca del río Abrojo	29
Mapa 6. Mapa de la clasificación por disparo por sismicidad para la subcuenca de Abrojo.....	31
Mapa 7. Mapa de la clasificación por disparo por intensidad de lluvias para la subcuenca del río Abrojo	32
Mapa 8. Mapa de la clasificación por susceptibilidad a deslizamientos según la metodología Mora-Vahrson.....	34
Mapa 9. Mapa de zonas de inestabilidades para la subcuenca del río Abrojo.....	42
Mapa 10. Mapa de ubicación del perfil geológico.....	43
Mapa 11. Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	47
Mapa 12. Mapa de microcuencas y malla del modelo hidráulico.....	56
Mapa 13. Zona con potencial de inundación para un T = 100 años.....	58
Mapa 14. Mapa de uso del suelo para la subcuenca del río Abrojo	65
Mapa 15. Mapa de capacidad de uso del suelo para la subcuenca del río Abrojo	68
Mapa 16. Mapa de conflictos de uso de la tierra para la subcuenca del río Abrojo	70
Mapa 17. Mapa de infraestructura expuesta a amenaza	86
Mapa 18. Mapa facilitado a los participantes de los talleres	91
Mapa 19. Mapa de percepción social del riesgo	104
Mapa 20. Mapa de zonificación para estrategia de intervención propuesta para la subcuenca del río Abrojo	117
Mapa 21. Mapa de ubicación del Sistema de Alerta Temprana y del monitoreo	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografías del sobrevuelo con dron realizado sobre la zona del deslizamiento.....	36
Figura 2. Deslizamiento Abrojo y sus áreas actuales	38
Figura 3. Modelo del deslizamiento de Abrojo y el grosor del material deslizable.....	39
Figura 4. Cultivos sobre el deslizamiento de Abrojo	39
Figura 5. Representación topográfica de las lagunas y la parte principal del deslizamiento.	40
Figura 6. Perfil geológico esquemático del deslizamiento de la Laguna de Abrojo	44
Figura 7. Representación gráfica de la precipitación efectiva	49
Figura 8. Malla no estructurada utilizada para el modelo.....	54
Figura 9. Asignación de entradas y salidas en la malla	55
Figura 10. Uso de la tierra del deslizamiento Abrojo, año 2002.....	61
Figura 11. Uso de la tierra del deslizamiento Abrojo, año 2018.....	62
Figura 12. Uso de la tierra del deslizamiento Abrojo, año 2019.....	63
Figura 13. Introducción a los conceptos de amenaza, vulnerabilidad, riesgo, prevención y seguimiento con alusión a la actividad cotidiana.....	90
Figura 14. Mapa general de identificación de riesgos de la comunidad de Miramar	95
Figura 15. Detalle a zona de deslizamientos.....	96
Figura 16. Cartel de fortalezas y debilidades de Miramar.....	98
Figura 17. Mapeo de amenazas de Abrojo Sur	100
Figura 18. Detalle a la zona de Abrojo Sur	100
Figura 19. Mapeo de amenazas de Abrojo Norte	102
Figura 20. Cartel de fortalezas y debilidades del taller de Abrojo.....	105
Figura 21. Criterios de valoración aplicados a cada uno de los productos cartográficos integrados en el análisis espacial	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Hietograma de tormenta en la Estación Coto 49.....	48
Gráfico 2. Hidrogramas para la subcuenca del río Abrojo	53
Gráfico 3. Porcentaje del suelo de la subcuenca del río Abrojo.....	66
Gráfico 4. Porcentajes de conflicto de uso del suelo para la subcuenca del río Abrojo.....	71
Gráfico 5. Distribución de la población total según comunidad (elaboración propia datos INEC 2011)	75
Gráfico 6. Distribución relativa de la población total según comunidad y rango etario (elaboración propia datos INEC 2011).....	76
Gráfico 7. Distribución absoluta de viviendas totales según comunidad (elaboración propia datos INEC 2011).....	77
Gráfico 8. Distribución absoluta de viviendas totales según número de aposentos (elaboración propia datos INEC 2011).....	77
Gráfico 9. Distribución absoluta de viviendas totales según abastecimiento de agua (elaboración propia datos INEC 2011).....	78
Gráfico 10. Distribución de la PEA según comunidad.....	82
Gráfico 11. Comparativo de la PEA con la distribución de la PEI.....	82
Gráfico 12. Distribución de la PEA según rama de la actividad	83
Gráfico 13. Principales tasas de mortalidad para área de salud Corredor (tasa por 10000 habitantes)	112
Gráfico 14. Casos de enfermedades de transmisión viral, agresiones y accidentes de tránsito reportados.....	112

1. Introducción

El presente estudio fue realizado en el marco de ejecución de la contratación directa con el número de procedimiento 2019CD-000013-0006500001 para el proyecto desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, comunidad de Abrojo, cantón de Corredores.

Esta contratación fue adjudicada en el mes de junio del 2019 a la empresa Hidrogeotecnia Ltda por parte de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, bajo la supervisión del Geól. Lidier Esquivel Valverde en calidad de Jefatura de la Unidad de Investigación y Análisis del Riesgo.

En el presente informe se integran los diferentes alcances definidos en los términos de referencia indicados para la contratación, así como el análisis técnico realizado para la compleción de estos alcances y los principales resultados obtenidos mediante la ejecución del proyecto.

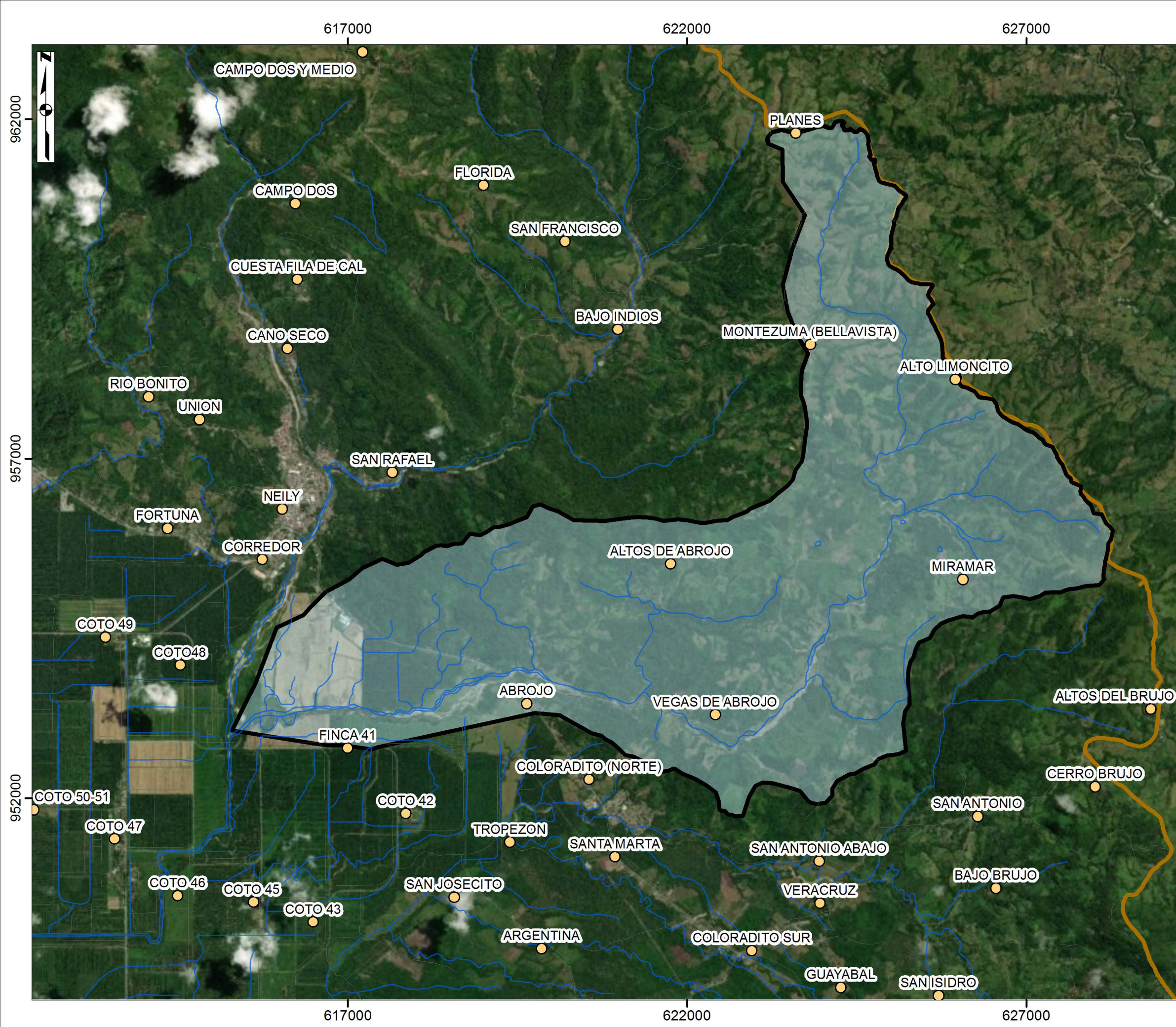
1.1. Objetivo de trabajo

Mediante la ejecución del proyecto de desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, se pretende realizar una propuesta para el mediano y largo plazo de la aplicación de un programa de recuperación y manejo de un lugar de alto riesgo, que representa una potencial amenaza de deslizamientos, flujos de lodo e inundaciones repentinas, con potencial afectación a infraestructura pública privada como escuela, caminos de acceso, puentes y viviendas ubicadas dentro de la subcuenca del Río Abrojo.

1.2. Ubicación del área de estudio

El área de estudio corresponde con la subcuenca del Río Abrojo, ubicada hacia el sector este de Ciudad Neily, en el cantón de Corredor, distrito Corredores, de la provincia de Puntarenas (**Mapa 1**). Esta zona se ubica hacia el cuadrante sur de la hoja topográfica Cañas Gordas y hacia el cuadrante norte de la hoja topográfica Canoas, ambas hojas del I.G.N. a escala 1:50000.

Esta subcuenca del Río Abrojo presenta una extensión espacial estimada de 48.06 km², equivalentes a 4806 hectáreas.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 1. Ubicación Área de Estudio

Simbología

- Poblados importantes
- Red Vial (150000)
- Rios (1 50000)
- Subcuenca del Río Abrojo
- Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá

0 900 1,800 3,600 m

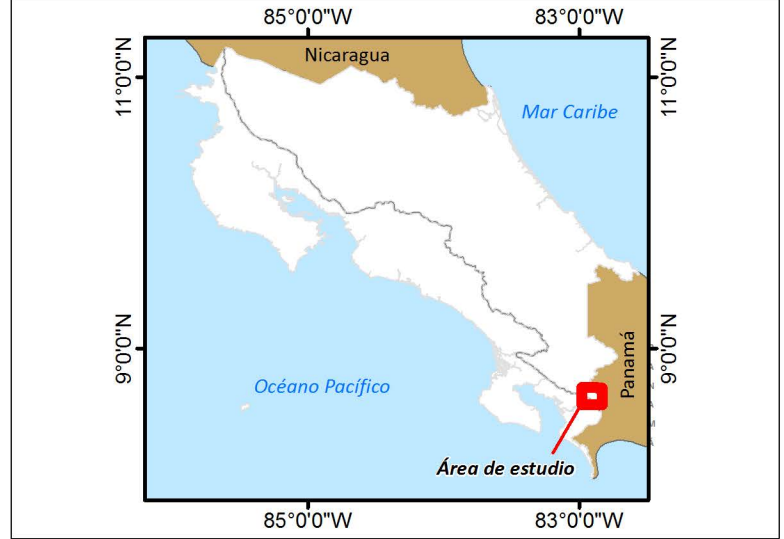
1:55,000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012
Hidrología y Red vial: Atlas ITCR, 2014 (1: 50000)

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECCNIA LTDA.



1.3. Antecedentes

En el año 2016, tras las consecuencias de los efectos generados de manera indirecta por la influencia del Huracán Otto, el Geól. Julio Madrigal de la Unidad de Investigación y Análisis del Riesgo de la CNE, elabora un informe técnico de las afectaciones generadas en el cantón de Corredores debido a las fuertes precipitaciones generadas a raíz de un sistema de baja presión en el Caribe y posteriormente la influencia del Huracán Otto (Madrigal 2016). Este informe corresponde con la principal referencia de antecedentes para el presente estudio.

En dicho informe, señala el Geól. Madrigal señala *"uno de los casos más particulares corresponde a un área de aproximadamente 182 hectáreas, que se denomina mega deslizamiento Lagunas de Abrojo, localizado en la subcuenca superior del río Abrojo y la quebrada Mamey, el cual, ha tenido un proceso de desplazamiento desde hace muchos años y que ha pasado inadvertido por parte de los primeros colonizadores del área, hasta el tanto, no se interviniera la montaña, para empezar a formar los potreros y que se iniciara la movilidad del terreno, cada invierno fuerte"*.

Madrigal (2016) señala que es posible que parte de potreros de la zona empezaran con un desplazamiento de forma lenta (milímetros por año), o rápida y extremadamente rápida (metros por día) en algunos sectores según la topografía, el volumen de la masa de suelo o roca, el mecanismo de rotura y la acción del agua, entre otros factores han sido los partícipes de este deslizamiento.

Según la indica Madrigal (2016), la reactivación del deslizamiento de Abrojo puede estar asociada a movimientos sísmicos, precipitaciones intensas a raíz de eventos extremos o lluvias prolongadas, aumento de nivel de aguas subterráneas, erosión, socavamiento de las quebradas o río e indudablemente la intervención o actividad humana.

Madrigal (2016) se señala que los factores que contribuyen a crear una situación de inestabilidad en la zona de Abrojo son múltiples, y que rara vez actúa uno solo. El mismo autor cataloga estos factores en condicionantes (intrínsecos) y desencadenantes.

1.3.1. Factores condicionantes (intrínsecos)

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas en el caso del Deslizamiento Lagunas de Abrojo y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

- Geológicos: Representan un factor de inestabilidad permanente. Corresponden con la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).
- Hidrológicos e hidrogeológicos: Cambios en las presiones de poros o hidrostáticas y el comportamiento geo mecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad y cohesión).
- Geomorfológicos: Áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular.
- Climáticos: Lluvias intensas asociadas a eventos hidrometeorológicos o tormentas tropicales.

1.3.2. Factores desencadenantes (externos)

Son aquellos factores que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad.

Esos factores pueden ser:

- Naturales: Precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno y sismos.
- Antrópicos: La deforestación y usos indebidos del suelo.

Debido a las características existentes del deslizamiento Lagunas de Abrojo, Madrigal (2016) lo cataloga como un deslizamiento complejo, señalando que esta condición se aplica a mega deslizamientos de terrenos que tienen edad de cientos de años, que posiblemente involucran grandes volúmenes y de evolución muy lenta, pero, con periódicos o episodios de aceleración.

Los criterios identificados por parte de Madrigal (2016) para catalogar el deslizamiento de Abrojo dentro de este tipo de inestabilidad corresponden con:

- Terreno en pequeñas depresiones, relieve muy ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendientes.
- Abundancia relativa de agua, saturación de suelos, régimen cambiante de manantiales, aparición de lagunas en las cabeceras, en la parte media y al pie de los deslizamientos, desviación de cauces de quebradas.
- Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertera vegetal.

Las principales características determinadas por parte de Madrigal (2016) para el mega deslizamiento de Abrojo se detallan en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Principales características del mega deslizamiento de Abrojo (tomado de Madrigal 2016)

Características	Descripción
Nombre del deslizamiento:	Deslizamiento Lagunas de Abrojo
Ubicación geográfica:	Corredores, Ciudad Neily, Abrojo Norte
Fecha de agrietamientos visibles:	Octubre de 1988
Grado de actividad:	Activo
Tipo de deslizamiento:	Complejo
Fecha de mayor desprendimiento visible:	Noviembre del 2016
Datos históricos de desplazamientos acuerdo a los pobladores:	1988/1996/1998/2008/2010/2016
Subcuenca hidrográfica:	Río Abrojo/Quebrada Mamey
Área de subcuenca hidrográfica:	4000 hectáreas
Altitud del área de desprendimiento:	698 m.s.n.m.
Características geológicas:	Rocas sedimentarias meteorizadas (lutitas/caliza)
Estructuras geológicas:	Existencia de un fallamiento local importante que controla el área
Proceso de desplazamiento:	Desprendimientos/Obstrucción de cauce
Distancia lineal aproximada del punto de origen (frontal) a puente y viviendas:	1700 m
Distancia lineal aproximada del punto de origen (frontal) a puente ruta nacional:	7500 m
Área total del deslizamiento:	182 hectáreas
Área de mayor inestabilidad:	6 hectáreas
Uso del suelo actual:	Palma, bosque intervenido y potreros
Lagunas actuales:	2

Efectos en red hídrica:	Desviación de cauces de quebradas internamente.
Movimiento horizontal del terreno:	75 metros lineales
Efectos visibles:	Asentamientos del terreno, lagunas, cambio de dirección de cauces, daños en viviendas, tanque de agua, tendido eléctrico.
Viviendas ubicadas internamente y afectadas o comprometidas por el deslizamiento:	6 (Miramar)
Infraestructura vulnerable:	4 puentes de concreto

2. CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO Y PROCESOS DE INESTABILIDAD DE LADERAS

2.1. Áreas susceptibles a deslizamiento

Para la identificación de las áreas más susceptibles a deslizamiento tanto por los movimientos de tierra, como para los efectos secundarios (flujos de lodos y detritos) se utiliza el método denominado Mora-Vahrson, el cual consiste en un proceso mixto ya que es heurístico y estadístico.

El método consiste en una combinación de cualitativa de mapas que integra aspectos propios de la zona de estudio como lo es la topografía, geología y humedad del suelo, además de factores de disparo (actividad sísmica e intensidad de lluvias). La metodología está desarrollada para aplicarse en zonas tropicales, algunos parámetros se obtienen de la observación y la medición de algunos indicadores morfodinámicos y su distribución espacio temporal (Segura et al, 2011).

Se pretende dividir el área estudiada en sectores de comportamiento similar y proveer una base para entender las características de cada uno de estos sectores.

Los mapas generados con esta metodología se utilizan y aplican como instrumentos en la toma de decisiones para los procesos de planificación del uso del terreno, explotación de recursos naturales y el desarrollo de infraestructura, urbanismo y líneas vitales. Es valiosa en la identificación de áreas críticas y útil en la orientación de prioridades en cuanto al destino de los recursos destinados hacia estudios geotécnicos de detalle (Mora, R. et al., 1992).

2.1.1. Factores y parámetros del MV

Cuando una ladera está compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y cierta pendiente (elementos pasivos), se alcanza un grado de susceptibilidad. Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos), actúan como factores de disparo que perturban el equilibrio que se mantienen en la ladera (Mora, R. et al., 1992).

Es así como se considera que el grado de susceptibilidad al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y la acción de los factores de disparo.

$$H=S*D$$

Donde:

- H: grado de susceptibilidad al deslizamiento
- S: multiplicación de los elementos pasivos de susceptibilidad
- D: sumatoria de los factores de disparo

Para comprender el valor y la relevancia de cada factor en la metodología se debe desgargar la fórmula original en la siguiente:

$$H = (S_L * S_H * S_R) * (D_{LL} + D_S)$$

Donde:

- S_L : valor del parámetro de susceptibilidad litológica
- S_H : valor del parámetro de humedad del terreno
- S_R : valor del parámetro del relieve
- D_S : valor del parámetro de disparo sísmológico
- D_{LL} : valor del parámetro de disparo por lluvia

Los resultados de la combinación de todos los factores dependen de las condiciones de cada área estudiada, por lo que no se puede establecer una escala de valores única. Es por este motivo que se creó un rango de valores obtenidos, para cada área de estudio, en seis clases de susceptibilidad. Esta clasificación es una representación cuantitativa de los diferentes niveles de amenaza, que muestra solamente el rango de amenaza relativa de un sitio en particular y no la amenaza absoluta.

Cuadro 2. Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento

Clase	Clasificación del riesgo potencial a deslizamientos	Característica
I	Muy Bajo	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios
II	Bajo	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables
III	Moderado	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.
IV	Medio	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Probabilidad de deslizamiento menor al 50% en caso de sismos importantes y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas.
V	Alto	Probabilidad de deslizamiento alta (< 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección
VI	Muy Alto	Probabilidad de deslizamiento muy alta (> 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usarlos como áreas de protección.

2.1.2. Parámetro de susceptibilidad litológica (S_L)

La evaluación del tipo de roca o suelo se puede realizar de manera cualitativa. Con base en las descripciones geológicas realizadas para las unidades litológicas regionales y las observaciones de campo se puede relacionar la dureza y las condiciones físicas del sustrato para cada área.

Este índice asocia el comportamiento geomecánico de un determinado tipo de roca a un valor cuantitativo, el cual funciona como insumo para el modelo desarrollado. Estos valores se pueden observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Clasificación del factor litológico y su influencia en la susceptibilidad a la inestabilidad de las laderas

Litología	Clasificación	Factor (SI)
Aluviones: gruesos, permeable, compacto, con nivel freático bajo. Calizas: duras, permeables. Intrusivos: poco fisurados, bajo nivel freático. Basaltos, andesita, ignimbritas y similares: sanas, permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas: sanas, poco fisuradas, nivel freático bajo.	Bajo	1
Rocas sedimentarias: poco alteradas, estratificación maciza (decamétrica o métrica), poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático o profundidades intermedias.	Moderado	2
Rocas sedimentarias, rocas intrusivas, calizas duras, lava ignimbritas, tobas poco soldadas o metamórficas: medianamente alteradas. Coluvios, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados: drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos.	Medio	3
Aluviones fluvio-lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.	Alto	4
Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica: con estado de alteración avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos muy elevados.	Muy alto	5

Las rocas que se analizan para este parámetro están identificadas por las siguientes formaciones geológicas:

- **Formación Térraba:** consiste predominantemente de niveles masivos de areniscas finas y medias de tonos grisáceos oscuros con algunas intercalaciones de lutitas también de tonos grisáceos oscuros hasta negras, de cementación carbonatada. La parte superior de esta secuencia por su parte, presenta mayor abundancia de lutitas grises intercaladas con areniscas finas y medias grises que se correlacionan con la facies de *topset* deltaico, conforme se alcanza el nivel más superior de la secuencia, los niveles de lutitas se vuelven más abundantes, tornándose predominantes sobre los niveles arenosos, además, se observa que dichos niveles de lutitas presentan esporádicamente coloraciones gris verdosas y gris azuladas, con cementación silíceo.
- **Formación Curré:** De forma general, toda la secuencia es levemente carbonatada, pero ciertas intercalaciones como los niveles brechosos tienen una reacción nula al HCl (10%), las lititas se consisten de areniscas finas, medias y gruesas de color grises, lutitas blanco amarillentas y negras y brechas finas de tonos oscuros. Las brechas finas por su parte presentan clastos milimétricos con una redondez moderada y baja esfericidad. Con base en los análisis petrográficos se clasificaron las muestras de este sistema como wackes feldespáticas y lodolitas terrígenas carbonatadas.
- **Formación Armuelles:** En la base de la secuencia se encuentran areniscas de grano medio color naranja producto de meteorización y presentan esporádicamente lentes de carbón. En la parte central de la secuencia, se observan paquetes de areniscas gruesas gris azuladas carbonatadas, con niveles de conglomerados finos de espesores centimétricos, moderadamente seleccionados, con buena redondez y esfericidad. De forma general, se observa que hacia la parte superior de la secuencia se incrementa la proporción de biocomponentes. No se observan estructuras sedimentarias en las facies de este sistema, sin embargo, es importante mencionar que esporádicamente se observan concentraciones puntuales de fósiles.
- **Unidad Cerro Bolas:** Los cuerpos plutónicos e hipoabisales máficos intruyen a las formaciones Fila de Cal, Térraba y Curré; las diferencias en composición, textura, tipo y grado de meteorización de los intrusivos nos permite separar al menos tres periodos de intrusión: dos máficas y una intermedia. Las fases máficas se diferencian en que una corresponde con una fase temprana relativamente empobrecida en forma de stocks y sills de gabros y diabasas mientras que la otra es una fase tardía, máfica enriquecida en forma de domos como el cerro Bola. Se identifica como un domo, de carácter hipoabisal y volcánico, descrito macroscópicamente como andesita con megacristales de biotita, con piroxenos, anfíboles y clastos de rocas sedimentarias de más de 5 cm.
- **Suelos Volcánicos:** Se describen como la degradación a suelos de capas intercaladas de paquetes de ceniza, flujos de ceniza y lapilli fácilmente deleznable. Estos paquetes presentan coloraciones café pardo hasta amarillentas y blancas a causa de la alteración. Los piroclastos se encuentran constituidos por pómez, líticos, vidrio y plagioclasa.

- **Depósitos Cuaternarios:** Los depósitos cuaternarios pueden tener una fuerte influencia sedimentaria, así como estar involucrados con la actividad tectónica (levantamiento, subsidencia). Los Depósitos aluviales del cauce activo están compuesto por rocas métricas y decimétricas. Los aluviones son de diverso origen sin embargo en su mayoría se trata de rocas sedimentarias y volcánicas de tipo andesitas, basaltos y ocasionalmente rocas intrusivas. Se encuentran muy presentes areniscas con gran cantidad de fósiles, así como, en menor cantidad, lutitas bastante meteorizadas. Los Depósitos aluviales antiguos (el término "antiguo" es relativo y sirve simplemente para indicar que se trata de depósitos más viejos que los del cauce activo) No parecen presentar ninguna diferencia importante respecto a los depósitos del cauce activo. Las diferencias son dadas principalmente por la cobertura vegetal, una capa de suelos residuales.

2.1.3. Parámetro de susceptibilidad por humedad del suelo (S_H)

Cuantifica la influencia de la humedad acumulada durante todo el año y puede ser considerada como un punto de partida, ya que las fuertes lluvias pueden actuar como un elemento desestabilizador. Se aplica una metodología simple de un balance hídrico del suelo, la cual requiere solo los valores promedios mensuales. En el paso número uno se utiliza un valor límite de 125 mm, que es representativo de la evapotranspiración potencial media mensual en Centroamérica. Además, se demostró que la infiltración significativa requiere al menos 40 mm de lluvia acumulada en diez días, lo que corresponde a aproximadamente 125 mm/mes (Mora y Vahrson, 1994).

Para determinar cada valor de la precipitación media mensual se le asigna un valor de índice, como se muestra en el **Cuadro 4**. Una vez que se evalúa cada mes, el total de la sumatoria de los 12 valores mensuales asignados tiene que ser calculados para cada estación pluviométrica analizada. Estos valores totales van de 0 a 24. El total se clasifica en cinco grupos, como se muestra en el **Cuadro 5**.

Cuadro 4. Clasificación de los valores medios mensuales de las precipitaciones

Precipitación media mensual (mm/mes)	Valor asignado
< 125	0
125 – 250	1
> 250	2

Cuadro 5. Factor de humedad resultante de la clasificación de los valores acumulados de los índices promedio de precipitación mensual

Valor acumulado de los índices de precipitación	Calificación	Factor Sh
0 – 4	Muy bajo	1
5 – 9	Bajo	2
10 – 14	Medio	3
15 – 19	Alto	4
20 – 24	Muy alto	5

2.1.4. Parámetro de susceptibilidad por pendiente del terreno (S_R)

El método de Mora y Vahrson (1994), originalmente utilizó datos de relieve relativo, sin embargo, posteriormente se introduce la variación para incluir la pendiente y se usan los rangos propuestos por Van Zuidam en 1986. Este parámetro es más sencillo y práctico de obtener a partir de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Las clases de pendientes pueden coincidir con los sectores críticos, donde los procesos de deslizamiento son dominantes (van Zuidam, 1986), en el siguiente cuadro se muestran estas clases.

Cuadro 6. Clasificación del factor pendiente según los rangos obtenidos

Rangos de pendientes (grados)	Peso asignado (S_R)	Procesos y condiciones características del terreno
0 – 2	0	Plano o casi completamente
2 – 4	1	Inclinación suave
4 – 8	2	Pendientes inclinadas
8 – 16	3	Moderadamente escarpado
16 – 55	4	Muy escarpado
> 55	5	Extremadamente escarpado

2.1.5. Parámetro de disparo por sismicidad (D_S)

El factor de sismicidad se interpreta como un elemento de disparo de los deslizamientos de tierra que tienen relación con eventos sísmicos de alta intensidad. El potencial de generación de deslizamientos por actividad sísmica puede correlacionarse con la escala de intensidades Mercalli-Modificada. Existen una relación entre intensidad de los sismos y la probabilidad de deslizamientos que se considera en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Determinación del factor de intensidad sísmica como desencadenante en la generación de deslizamientos de tierra, utilizando valores de intensidad de cien años (Escala Mercalli Modificada)

Intensidades (MM) Tr = 100 años	Calificación	Factor Ds
LII	Leve	1
IV	Muy bajo	2
V	Bajo	3
VI	Moderado	4
VII	Medio	5
VIII	Considerable	6
IX	Importante	7
X	Fuerte	8
XI	Muy fuerte	9
XII	Extremadamente fuerte	10

2.1.6. Parámetro de disparo por intensidad de lluvias (D_{LL})

Este factor calcula la influencia de la lluvia en el tiempo, y es otro de los factores desencadenantes que influyen en el disparo de los deslizamientos. Se utiliza la lluvia máxima en 24 horas con un período de retorno de 100 años, aplicando la distribución de valores extremos. En el **Cuadro 8** se presentan las relaciones entre la intensidad de precipitación y el valor resultante para la metodología.

Cuadro 8. Factor de intensidad de precipitación S_{LL} resultante de la clasificación de las precipitaciones máximas diarias durante un período de retorno de 100 años

Precipitación máxima n>10 años, Tr = 100 años	Precipitación media n<10 años	Clasificación	Factor D _{LL}
< 100 mm	< 50 mm	Muy bajo	1
101 – 200 mm	51 – 90 mm	Bajo	2
201 – 300 mm	91 – 130 mm	Medio	3
301 – 400 mm	131 – 175 mm	Alto	4
> 400 mm	> 175 mm	Muy alto	5

2.1.7. Resultados para la microcuenca del río Abrojo

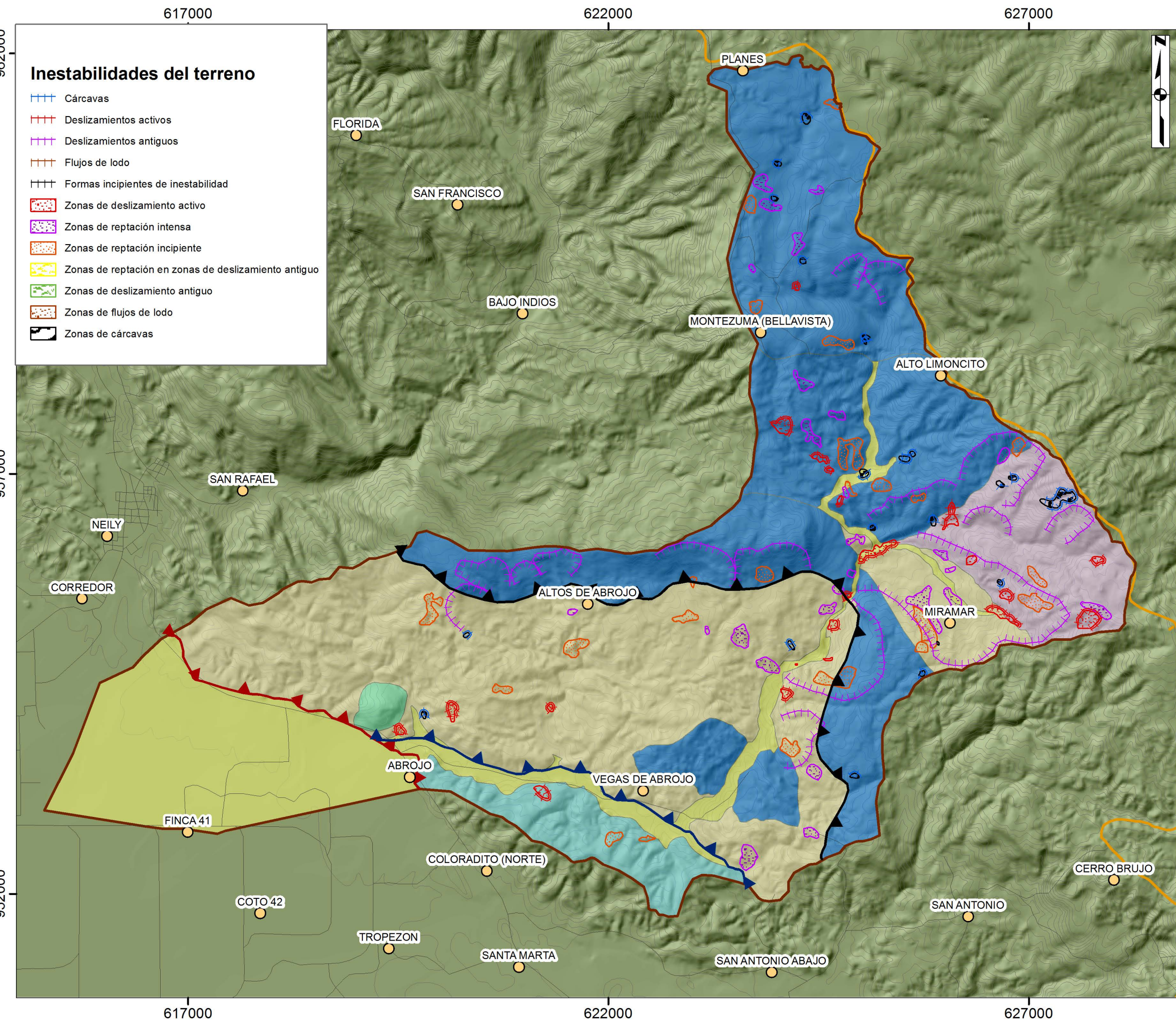
El área de estudio se caracteriza por tener un cambio de pendientes abrupto en un segmento relativamente corto, esto se debe a la geología y a la tectónica de zona, en donde se dan esfuerzos compresivos formando fallas inversas. El factor geológico también define las propiedades de las rocas, entre ellas su dureza, en la zona afloran en su mayoría secuencias sedimentarias con un ambiente de depositación variado, además de intrusiones magmáticas circunscritas a sectores relativamente pequeños para el contexto de la microcuenca.

La geología de la zona se caracteriza por ser una secuencia sedimentaria es levemente carbonatada, ciertas intercalaciones como los niveles brechosos tienen una reacción nula al HCl (10%), además se identifican ritmitas las cuales consisten de areniscas finas, medias y gruesas de color grises, lutitas blanco amarillentas y negras y brechas finas de tonos oscuros. Las brechas finas por su parte presentan clastos milimétricos con una redondez moderada y baja esfericidad. En general las rocas de este sistema se presentan con alto grado de meteorización, por lo tanto, derivan suelos arcillosos con tonalidades naranjas y crema. Las formaciones geológicas presentes son Fm. Térraba, Fm. Curré, Fm. Armuelles, Unidad volcánica Cerro Bola y Depósitos Cuaternarios (incluye los suelos de origen volcánico) (**Mapa 2**).

Dentro del análisis geológico hay que mencionar la Falla Abrojo presenta una vergencia SW y un sentido de desplazamiento de tipo inverso con un posible componente sinistral. Esta falla además presenta una traza morfológica clara a lo largo del río Abrojo. Se extiende a lo largo de 6 km, presenta una inclinación de 22° al este. Surge como una ramificación de la Falla Longitudinal de Costa Rica, que se extiende desde el valle fluvial del río Abrojo.

El análisis de estas formaciones según los parámetros de la metodología Mora-Vahrson se resumen en el **Cuadro 9**.

La humedad del suelo se calcula como la diferencia entre la lluvia promedio mensual y una evapotranspiración potencial en mm mensuales en el sitio, la cual varía en función de la temperatura promedio mensual. Los datos utilizados para estos cálculos son los pertenecientes a la estación meteorológica 100035 de Coto 47, la cual es la más cercana al área de estudio y con la serie de datos y parámetros climáticos más completa abarcando datos desde 1950 hasta el 2011. Al ser solo una estación los datos analizados serán el resultado general para la subcuenca del río Abrojo.



Inestabilidades del terreno

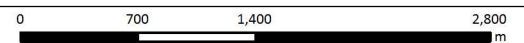
- Cárcavas
- Deslizamientos activos
- Deslizamientos antiguos
- Flujos de lodo
- Formas incipientes de inestabilidad
- Zonas de deslizamiento activo
- Zonas de reptación intensa
- Zonas de reptación incipiente
- Zonas de reptación en zonas de deslizamiento antiguo
- Zonas de deslizamiento antiguo
- Zonas de flujos de lodo
- Zonas de cárcavas

"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 2. Mapa de Geología Regional

Simbología

- Poblados importantes
 - Falla Abrojo
 - Falla Longitudinal de Costa Rica
 - Falla Miramar
 - Red Vial (150000)
 - Curvas de nivel (150000)
 - Subcuenca del Río Abrojo
 - Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá
- Formación Geológica**
- Depósitos Cuaternarios
 - Fm. Armuelles
 - Fm. Curé
 - Fm. Térraba
 - Suelos Volcánicos
 - U. Cerro Bola



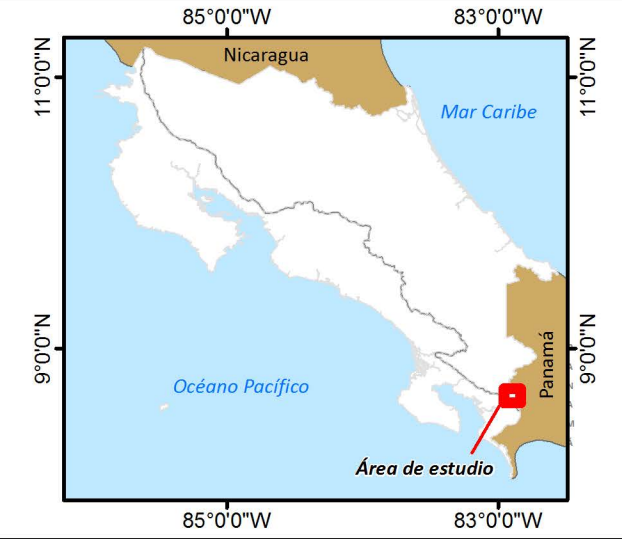
1:45,000
 Sistema de Coordenadas Planas:
 Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
 Fecha: Setiembre, 2019

Fuente de datos:
 Mapa Geológico parte de las Hojas Topográficas
 Canos (3641-4) y Cañas Gordas (3642-3).
 Campaña Geológica 2017. Escuela Centroamericana de Geología

Dibujo y diseño cartográfico:
 Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
 Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
 HGT
 HIDROGEOTECNIA LTDA.



Cuadro 9. Valor S_L asociado a las litologías identificadas

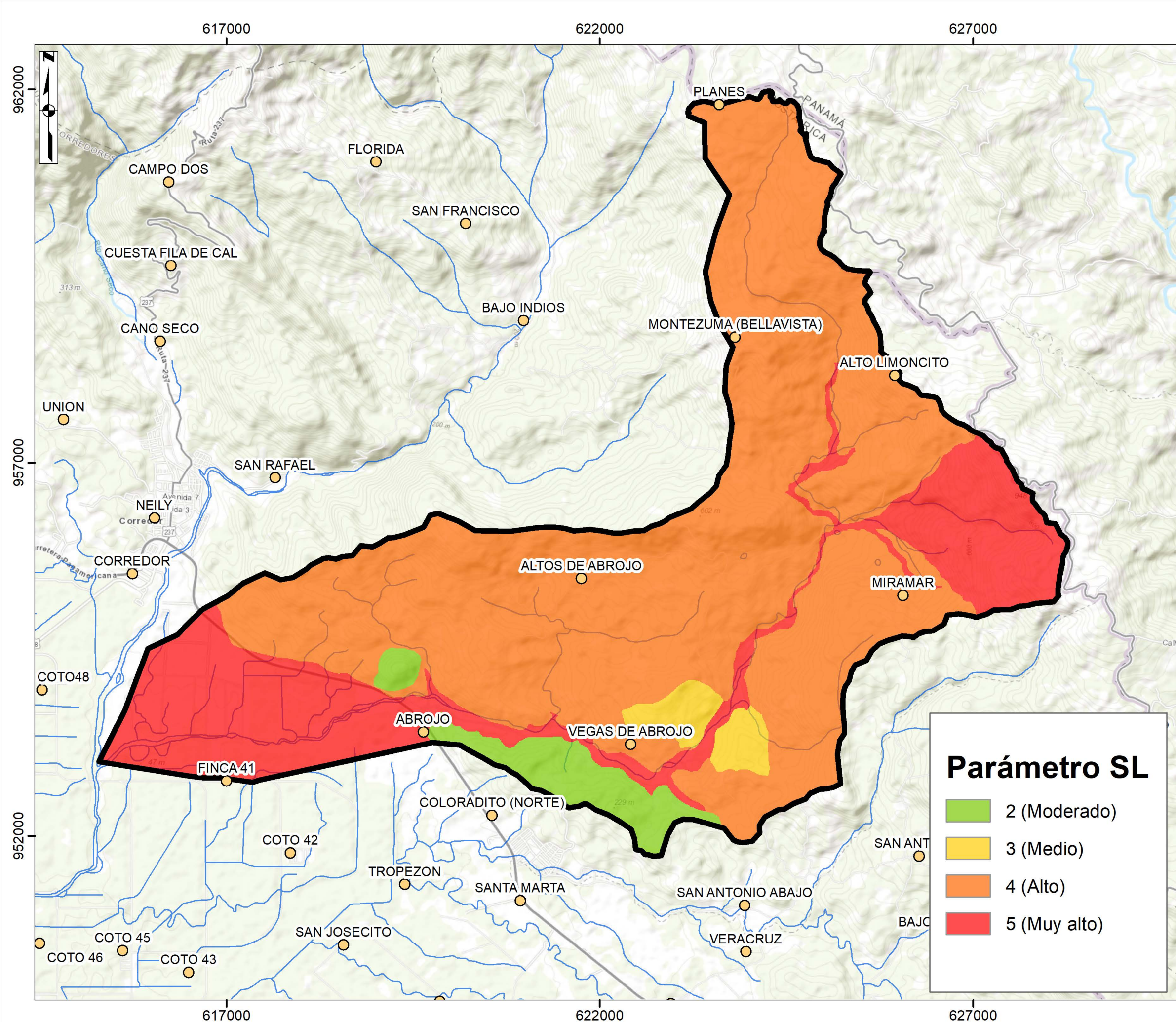
Formación geológica	Litología	Características físico mecánicas	Valor del factor S_L
Depósitos Aluviales Cuaternario y suelos de origen volcánico.	Aluvión y suelos residuales	Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica: con estado de alteración avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros	5
Unidad Cerro Bola	Andesitas	Rocas intrusivas y lavas, calizas duras, ignimbritas o metamórficas: medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático a profundidades intermedias.	2
Formación Armuelles	Lutitas-Areniscas	Rocas sedimentarias y calizas duras: poco alteradas, estratificación maciza (decamétrica o métrica), poco fisuradas, nivel freático bajo.	2
Formación Curré	Areniscas y Lutitas	Sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos.	4
Formación Térraba	Areniscas y lutitas	Sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos.	4

Formación geológica	Litología	Características físico mecánicas	Valor del factor S_L
		* Sin embargo, hay una sección de esta formación que ha sido poco afectada por las fallas y se cataloga como $S_L = 3$.	

Cuadro 10. Datos meteorológicos de la estación Coto 47

ESTACION : 100 35 COTO 47			Latitud: 08 ° 35 ' N Longitud: 82 ° 58 ' O Altitud. 8 m.s.n.m													
Elementos	Periodos		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.	Total
LLUVIA	1950	2011	98.3	78.1	112.4	243.2	417.4	429.9	467.2	532.5	522.7	601.3	443.2	179.6	343.8	4125.8
TEM.MAX.	1978	2011	32.3	33.2	33.7	33.2	32.1	31.6	31.3	31.4	31.3	30.9	30.9	31.5	32.0	
TEM.MIN.	1978	2011	20.7	20.8	21.6	22.3	22.6	22.5	22.1	22.0	21.9	22.0	22.1	21.5	21.8	
TEM.MED.	1978	2011	26.5	27.0	27.6	27.8	27.3	27.0	26.7	26.7	26.6	26.4	26.5	26.5	26.9	
HUMEDAD	1984	1999	82.3	79.3	80.1	82.6	86.2	87.4	87.7	86.5	87.5	87.8	87.8	85.2	85.0	
VIENTO VEL.	1986	1986	4.3	4.7	4.5	4.1	4.5	4.2	4.1	4.0	3.9	4.2	3.7		4.2	
BRILLO SOLAR	1984	1996	8.0	8.7	7.4	5.8	4.8	4.1	4.1	4.1	3.9	4.3	4.9	6.5	5.5	
RADIACION	1985	1998	15.4	17.4	17.5	16.9	15.8	15.5	15.7	16.6	15.8	15.7	14.0	14.1	15.9	
EVAPORACION TANQUE	1985	2011	4.4	5.0	5.2	4.6	3.9	3.7	3.6	3.7	3.8	3.6	3.5	3.6	4.1	
VIENTO DIR. PREDOMINANTE			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Promedio dias con lluvia >= 0.1 mm.			9	7	10	16	23	23	24	26	25	26	23	15	227.1	Total.

Como resultado de aplicar la valoración mensual de un año a partir de los registros de la estación de Coto 47, donde en los meses de enero y febrero la lluvia es menor de 125 mm y se les asigna un valor de 0, todos los demás meses presentan una precipitación promedio mayor a 125 mm asignándoseles un valor de 1 o 2 según corresponda. Al realizar la suma total de los valores asignados a cada mes este valor da 16, que según el cuadro de Factor de Humedad es clasificado como muy alto y se le asigna a toda el área de estudio un valor de 4 según la metodología.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 3. Factor Litológico (SL) del área de estudio

Simbología

- Poblados importantes
- Rios (1:50 000)
- Subcuenca del Río Abrojo

0 800 1 600 3 200 m

1:50 000

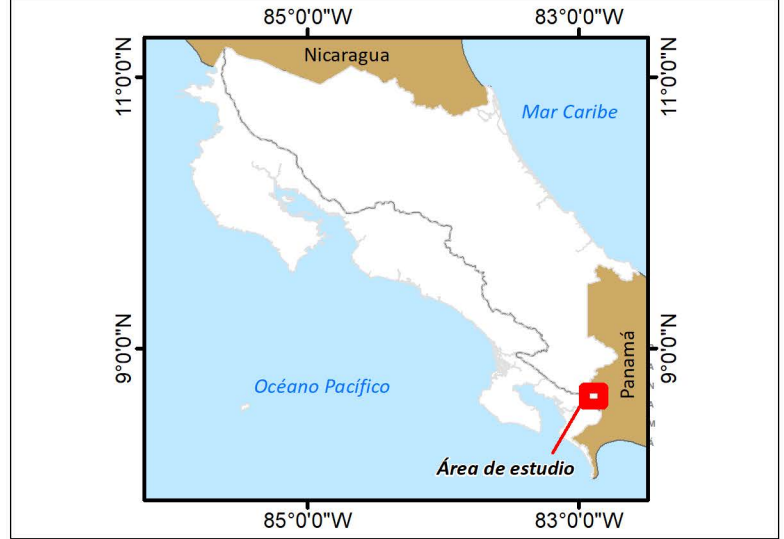
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CRO5
Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

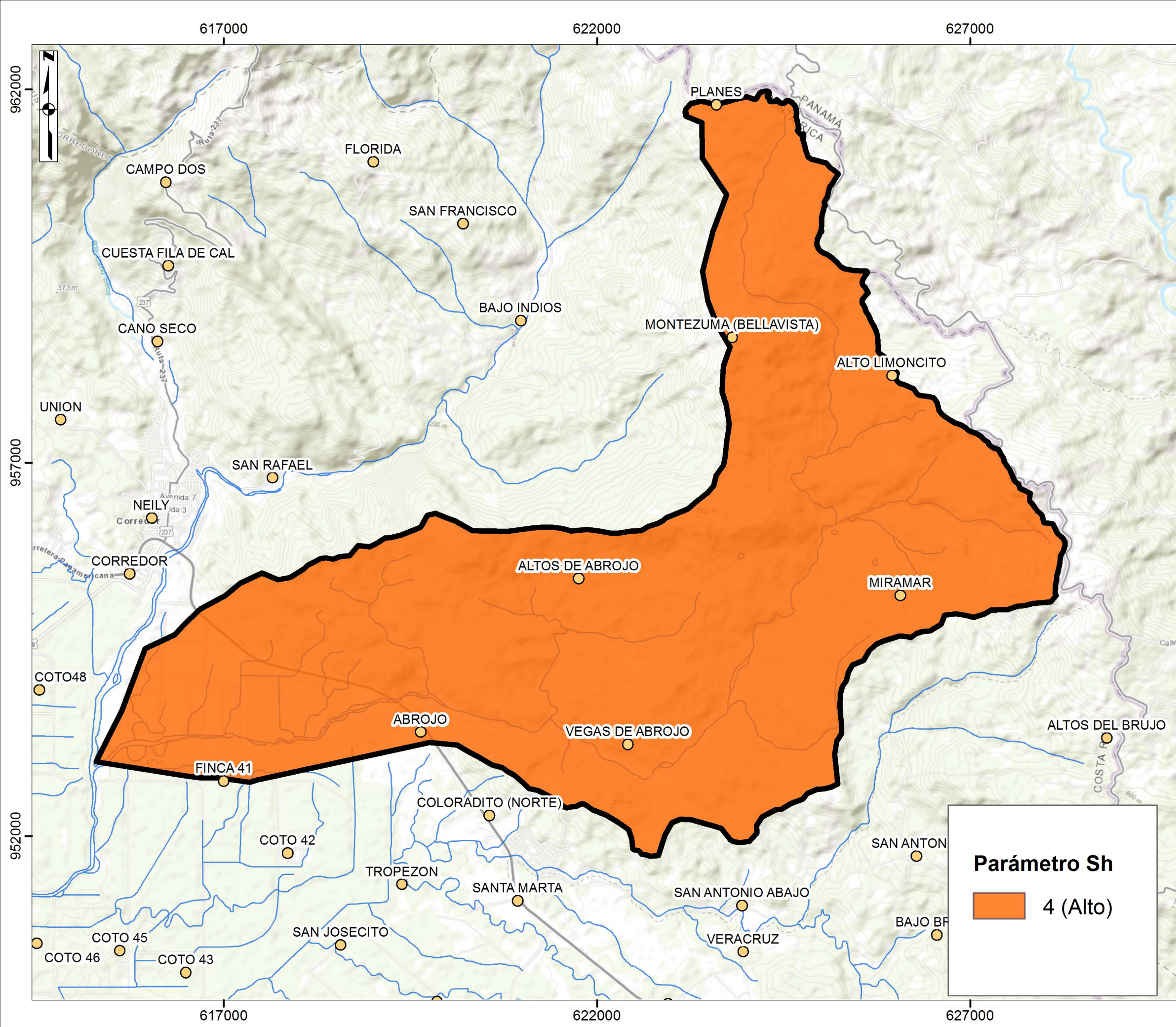
Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



Parámetro SL

- 2 (Moderado)
- 3 (Medio)
- 4 (Alto)
- 5 (Muy alto)



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 4. Humedad del suelo (Sh) del área de estudio

Simbología

- Poblados importantes
- Rios (1:50000)
- Subcuenca del Río Abrojo

0 800 1,600 3,200 m

1:50,000

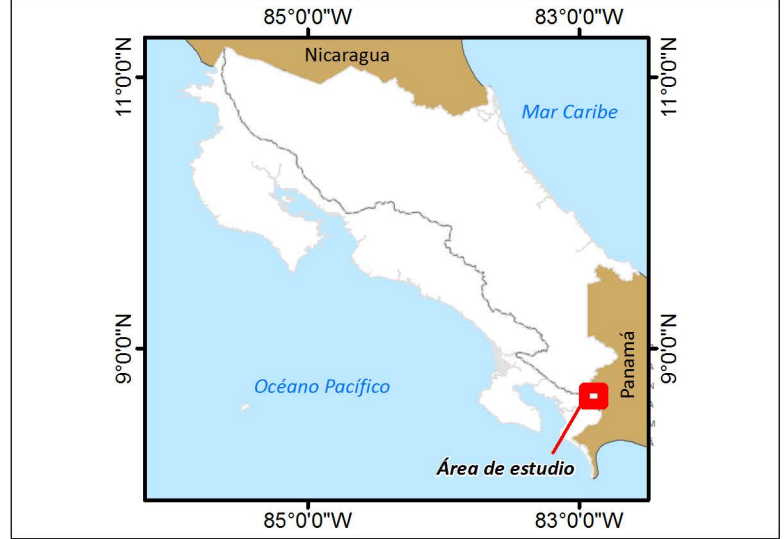
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CRO5
Fecha: Noviembre, 2019

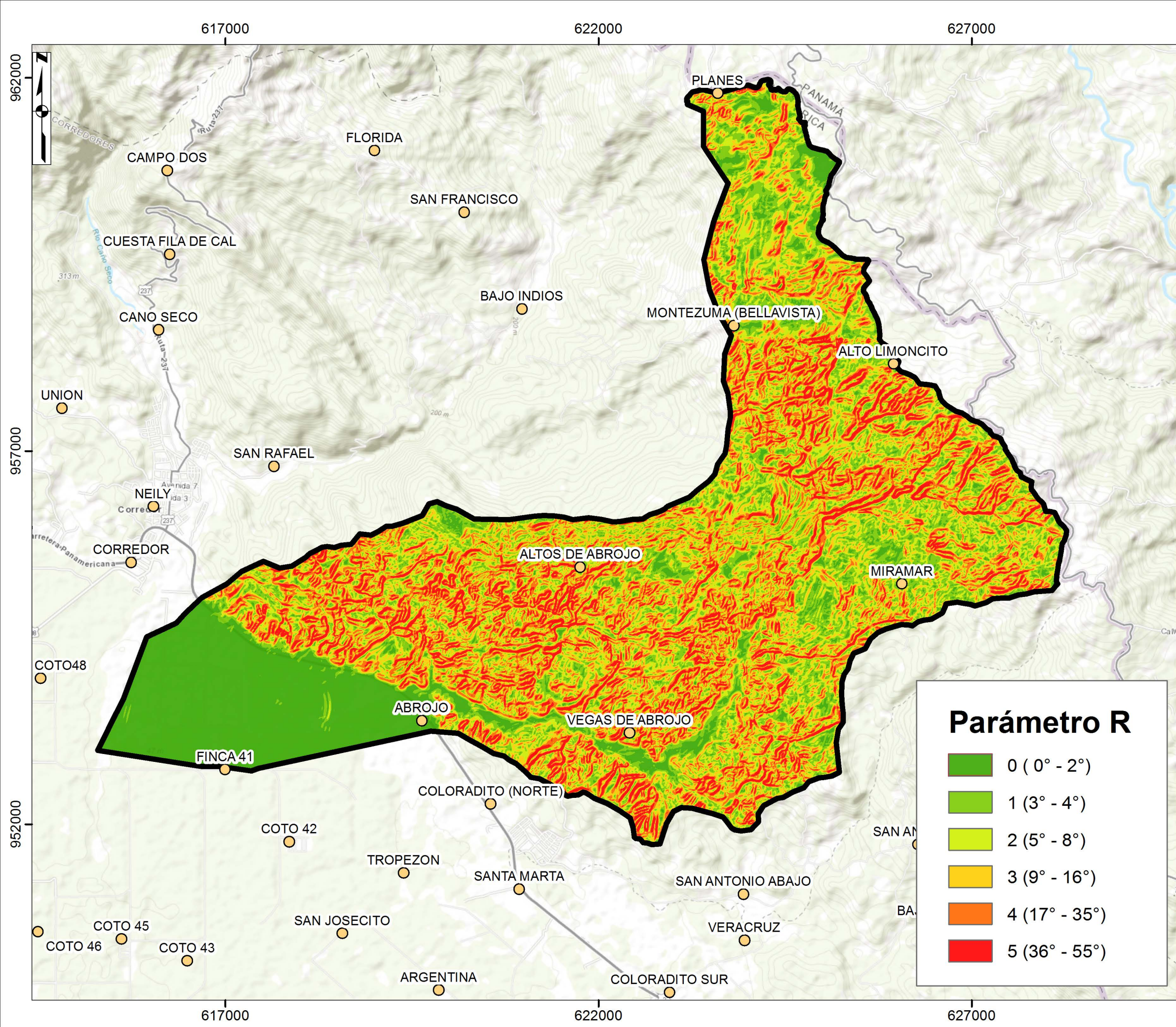
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



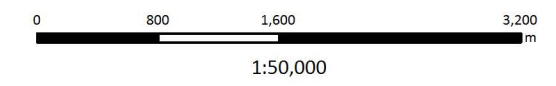


Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (C.N.E.)
 "Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 5. Pendientes (R) del área de estudio

Simbología

- Poblados importantes
- Subcuenca del Río Abrojo



Sistema de Coordenadas Planas:
 Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CRO5
 Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
 Imagen Satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
 Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
 Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
 HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



Parámetro R

- 0 (0° - 2°)
- 1 (3° - 4°)
- 2 (5° - 8°)
- 3 (9° - 16°)
- 4 (17° - 35°)
- 5 (36° - 55°)

El parámetro de disparo por sismo se ha evaluado considerando la intensidad (MM) máxima reportada por la Red Sismológica Nacional y por el Laboratorio de Ingeniería Sísmica (LIS) para los sismos de registrados en la zona Sur del país. Entre los eventos analizados se encuentran los terremotos de 1983, 1941 y 1904. Estos sismos ocurrieron en la zona sismogénica entre placas, con magnitudes mayores a 7,0.

Adicionalmente, han ocurrido muchos sismos de magnitudes intermedias, entre 5,0 y 6,6 en los alrededores del límite político entre Costa Rica y Panamá.

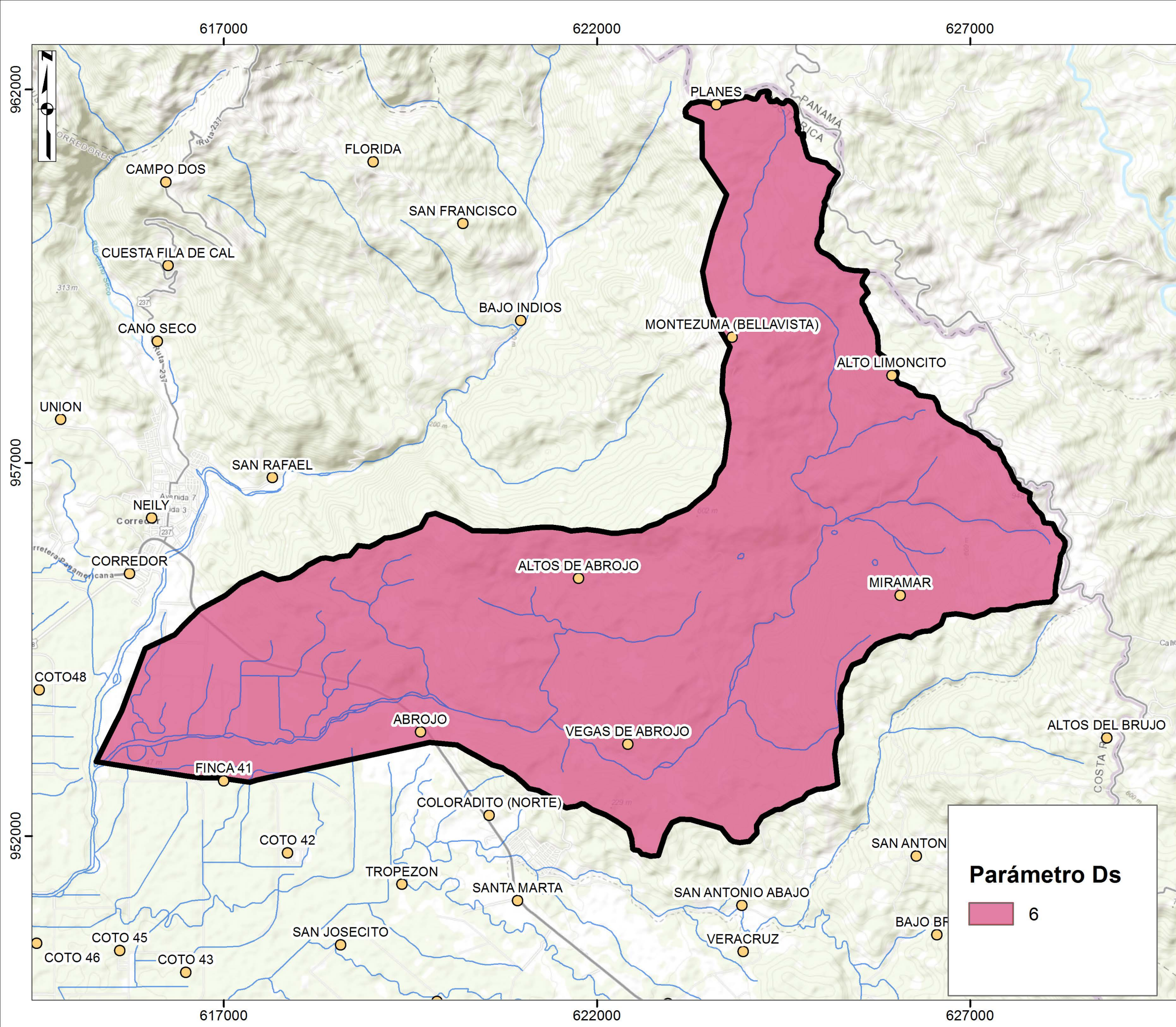
Los ejemplos más recientes son los sismos de Burica del 2002 (Mw 6,2) y Navidad del 2003 (Mw 6,6). En los reportes del LIS está el sismo de más cercano a la zona de estudio registrado el 22 de octubre del 2018, con el epicentro a 7 kilómetros al norte de Ciudad Neily, a una profundidad de 30 Km y una magnitud de 5.2 Mw. Para todos los casos analizados las intensidades máximas según Mercalli Modificado se clasifican como VIII (considerable), por lo tanto, para la metodología Mora-Vahrson le asigna un valor de 6 para toda la subcuenca en estudio por la zona de influencia de los sismos, como se ejemplifica en el **Mapa 6**.

Dentro del análisis de la información meteorológica se contempla la lluvia máxima diaria con un periodo de retorno de 50 y 100 años. Se decidió analizar el caso de 100 años ya que la extensión temporal de los datos de la estación de Coto 47 son amplios para realizar este cálculo. En el siguiente cuadro se muestra los resultados del análisis estadístico de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

Cuadro 11. Datos de lluvias máximas en 24 horas para la zona estudio con diferentes periodos de retorno

T (años)	P(mm)
1	80.5
50	197.5
100	205.5

Según la metodología utilizada para la susceptibilidad de deslizamiento, el factor disparo de lluvias para un periodo de 100 años está entre el rango de 200 y 300 mm en 24 horas, lo cual se clasifica como valor medio (valor numérico de 3) para toda el área de estudio por la distribución ya mencionada de las estaciones meteorológicas.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 6. Disparador por sismicidad (Ds) del área de estudio

Simbología

- Poblados importantes
- Rios (1:50,000)
- Subcuenca del Río Abrojo

0 800 1,600 3,200 m

1:50,000

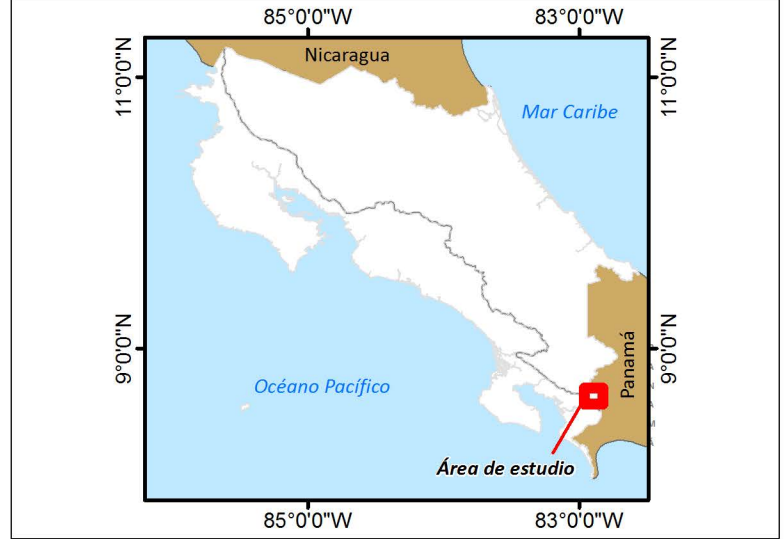
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CRO5
Fecha: Noviembre, 2019

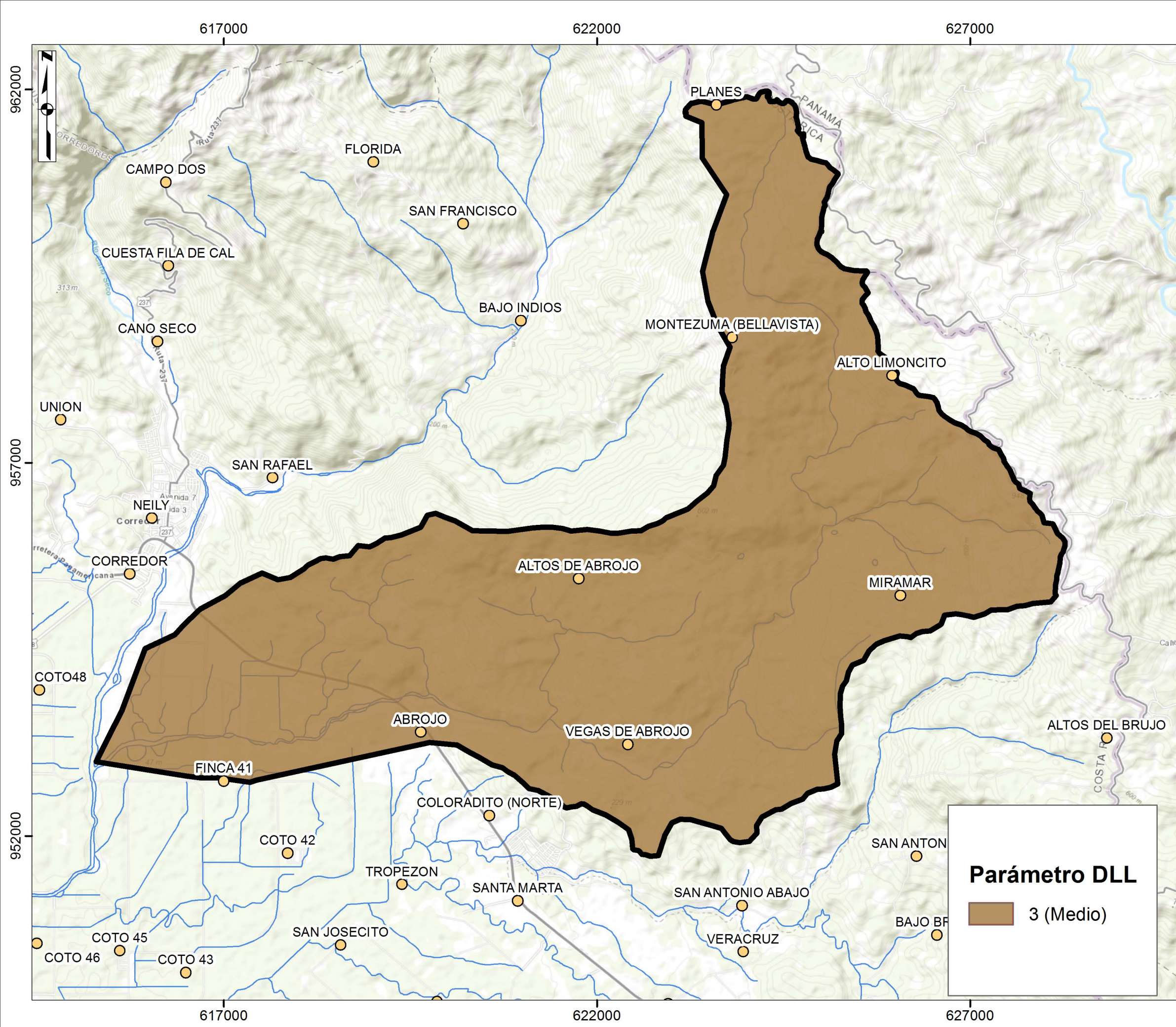
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.





"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 7. Disparador por intensidad de lluvias (DLL) del área de estudio, periodo de retorno de 100 años

Simbología

- Poblados importantes
- Rios (1:50,000)
- Subcuenca del Río Abrojo

0 800 1,600 3,200 m

1:50,000

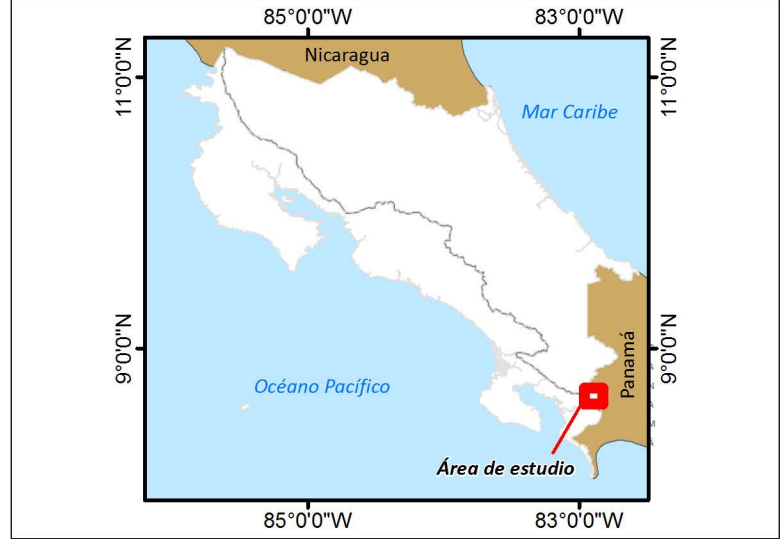
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CRO5
Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECCNIA LTDA.

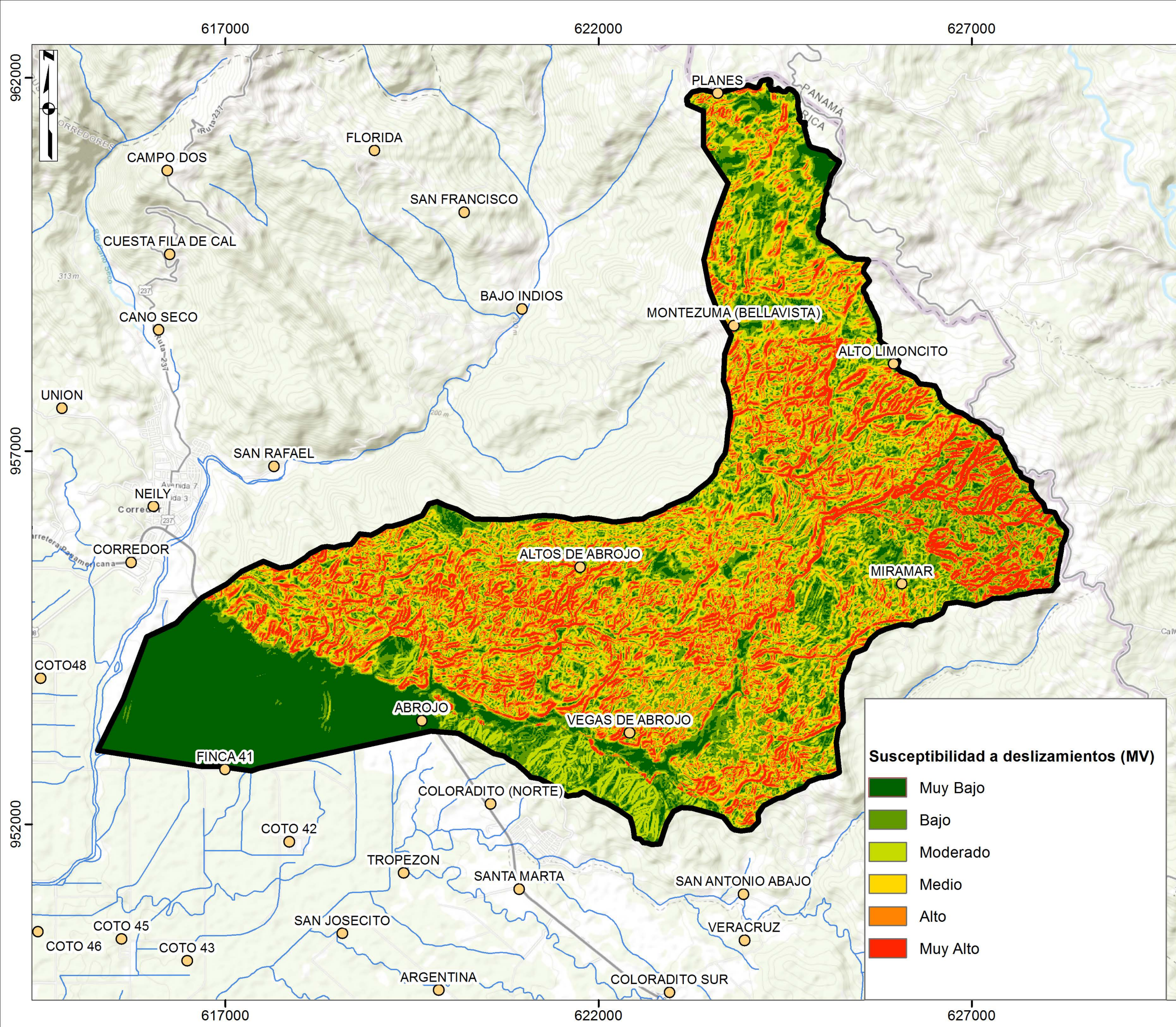


Parámetro DLL

3 (Medio)

Al aplicar la fórmula de la metodología de Mora-Vahrson los resultados se aprecian en la figura 5, donde se destaca que un 35.69% del área de estudio presenta susceptibilidad al deslizamiento de alta a muy alta, un 41.01% es de susceptibilidad media a moderada, un 23.30% de susceptibilidad baja a muy baja.

Como se observa, gran parte del área de estudio se encuentra en condiciones de alta a muy alta susceptibilidad a deslizamientos, especialmente cerca de las zonas montañosas y en los cauces de ríos. Los resultados son a escala regional ya que los datos utilizados son analizados y dispuestos para examinar una región tan amplia como la subcuenca del río Abrojo, pese a esta limitante de escala se aprecia una concordancia importante con los movimientos de tierra observados en el campo y que son a una escala más local (**Mapa 8**).



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 8. Susceptibilidad de deslizamientos Metodología Mora-Vahrson

Simbología

- Poblados importantes
- Rios (1 50000)
- Subcuenca del Río Abrojo

0 800 1,600 3,200 m

1:50,000

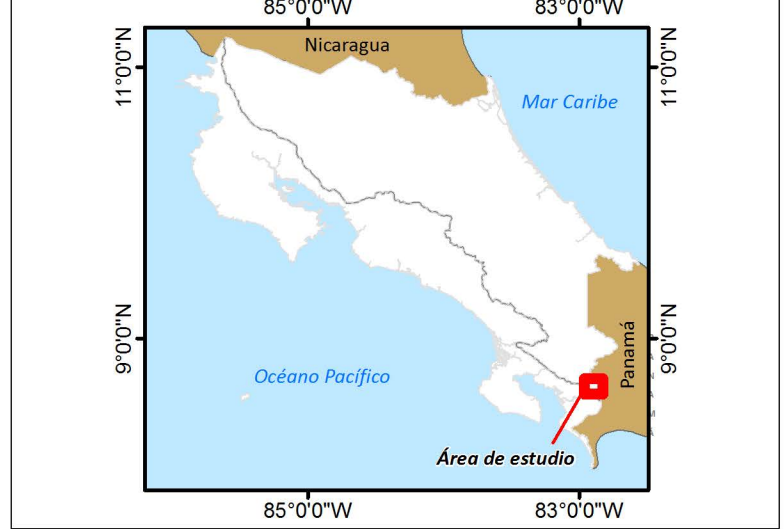
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CRO5
Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



2.2. Modelaje del deslizamiento

La zona de estudio se ha caracterizado de manera física en apartados anteriores a mayor detalle. El área de la microcuenca del río Abrojo está conformada por materiales geológicos propios de una cuenca sedimentaria que ha sufrido levantamientos y plegamientos tectónicos por la interacción de las placas Cocos y Caribe (a nivel regional) y de manera local las rocas han sido afectadas por una serie de fallas (Falla Longitudinal, Falla Abrojo y Falla Miramar). Estas estructuras han provocado una alteración y pérdida de cohesión de los materiales que atraviesan, promoviendo además un alto grado de erosión.

Otro factor que afecta y que a la vez es consecuencia de los diferentes tipos de movimientos de tierra es la hidrología de microcuenca que tiene como características una topografía abrupta y en donde los cauces de los ríos presentan un torrente vertiginoso que promueven la erosión y socavación de los márgenes, ya que presenta variaciones de altitudes de los 1050 m.s.n.m a los 10 m.s.n.m en cuatro kilómetros de distancia longitudinal, con pendientes importantes. Esta afectación se ve potenciada por los grandes desplazamientos verticales que se observan en la zona y que exponen niveles freáticos que como consecuencia aportan erosión e inestabilidad a las laderas al saturar los suelos.

El uso de suelo es otro factor que se debe considerar al momento de realizar una modelación de las zonas con mayor o menor movimiento relativo, ya que como se ha mencionado en las secciones anteriores las pendientes en esta zona corresponden con una variable considerable en las zonas susceptibles a deslizamientos, y que cercano a los cauces principales se dan condiciones que incrementan la amenaza de movimientos de tierra. Es por ello que la cobertura incorrecta es un elemento en la modelación que se influye en el grado de intensidad de los movimientos de masas de tierra.

La zona correspondiente a la margen izquierda del río Abrojo a la altura de la confluencia con la Quebrada Linda hasta la zona limítrofe con Panamá es el sector más activo en cuanto a los movimientos de tierra, en este sector tenemos deslizamientos activo los cuales la mayoría se encuentran en las laderas colindantes con el río Abrojo, entre estos deslizamientos destaca el de la Laguna de Abrojo que tiene una altura de tiene unos 22 metros de altura desde el cauce del río Abrojo hasta la corona principal del deslizamiento, una longitud aproximada de 291 metros de manera paralela al río Abrojo y se extiende ladera arriba unos 735 metros como una sola masa en movimiento, abarcando un área mayor a 182 hectáreas, además hay 4 lagunas formadas para la fecha de inspección realizada en octubre del 2019. Esto se puede observar en la **Figura 1**.



Figura 1. Fotografías del sobrevuelo con dron realizado sobre la zona del deslizamiento de la Laguna de Abrojo

En esta sección también se identifican procesos avanzados e intensos de reptación de suelos, los cuales están asociados a los usos de suelos locales. Hay evidencias de antiguos deslizamientos que, si bien no están activos, muestran desplazamientos importantes de varios metros con evidencias todavía observables a simple vista. Esto convierte a esta sección en la parte más importante para analizar en cuanto a la gestión de riesgo y la amenaza de deslizamientos que podrían causar represamiento del río Abrojo.

La parte alta de la microcuenca presenta evidencias antiguas de deslizamientos de gran magnitud, como se muestra en el mapa de inestabilidades de la zona de estudio. En esta sección de la cuenca los deslizamientos activos son menos numerosos, posiblemente asociados a los usos del suelo, además hay evidencias de cárcavas de magnitud cartografiable a la escala 1: 25000. Se observan pocas zonas con reptación intensa. Este sector sería la segunda zona en importancia en la cual se debe intervenir en los procesos de gestión de riesgo. Los deslizamientos en la parte media de la cuenca, en la margen derecha del río Abrojo son antiguos y presentan menos evidencias de los desplazamientos del terreno, además se encuentran más alejados del cauce principal del río Abrojo esta tendencia continua hasta la parte alta del área de estudio que recién se acaba de describir. No se encontraron muestras de flujos de lodo en la zona de estudio, en la parte baja de la cuenca los deslizamientos son muy puntuales y de extensiones mayores a los 20 metros de largo por 10 metros de alto en suelos residuales y cárcavas asociadas a la hidrología de la zona (**Mapa 9iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Parte del reconocimiento del deslizamiento se ejecutó un levantamiento topográfico por medio de una Aeronave no tripulada (UAV), se sobrevoló aproximadamente un área de 1 km², que abarca gran parte del deslizamiento y sus lagunas. Se planificó su vuelo a una

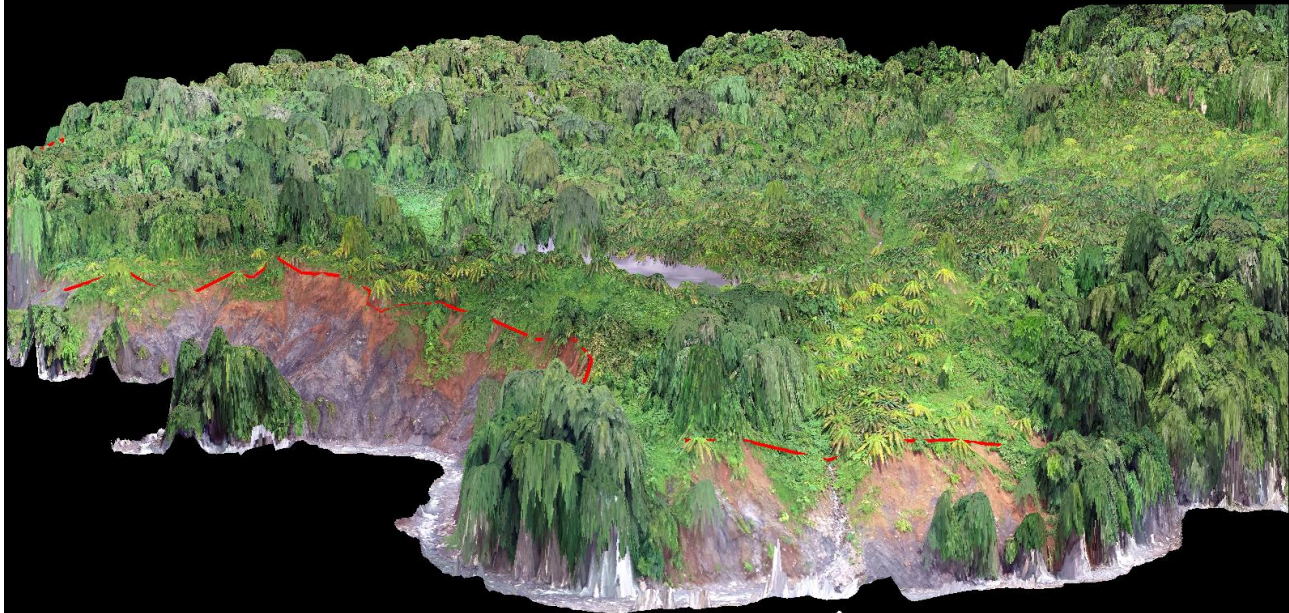
altura donde se podría obtener 0.5 cm el pixel en la imagen ortorectificada. Luego de la toma de imágenes, fue tratada en un Sistema de Información Geográfica, dedicado a la fotogrametría.

La generación de Insumos se inicia en el software, donde las imágenes traen datos de alineación y orientación desde su captura, después esta referencia es utilizada para seguir con el paso 2 para encontrar puntos esenciales que coincidan en el solapamiento en más de 2 fotografías se programó que por cada foto reconociera 40000 puntos llamado Nube de Puntos Dispersa. Luego se creará el ambiente de la nube densa con una calidad Alta como 3° paso, que es el primer bloque para el modelado de la superficie más o menos semejante a la realidad, cada punto tendrá un valor RGB donde se notará cierta nitidez. También tendrá una coordenada X, Y y Z, por lo que puede ser exportada en formato “.las” o “.laz”, que es el mismo formato que se maneja para LIDAR, luego esta Nube es utilizada para generar las texturas de la superficie , como siguiente paso, sustituyendo la nube de puntos por una malla continua, el software utiliza todas las imágenes para dar un texturizado semejante a la realidad, después este producto es usado para dar paso al Modelo de la superficie (MDS), en este se puede aplicar metodologías de clasificaciones de puntos en la nube densa, sin embargo en zonas boscosas no se aprecia muy bien la topografía y llevaría a errores de la zona de estudio, por lo que se consideró generar un resultado con toda su forma real , incluyendo la vegetación, por lo que se aprecia muy bien las cultivos de palma, por ejemplo. También se creó la imagen Ortorectificada, el software hace un reconocimiento de los mejores centroides de cada una de las imágenes por medio de un algoritmo donde unifica la semejanza del valor del pixel de cada una de las zonas donde se consideran como ortorectificado.

Se adjunta capturas del deslizamiento y varios elementos importantes como son las lagunas.

Crecimiento del área del deslizamiento

Cara Noreste



Desembocadura de las lagunas sobre el río Abrojo

Cara Noroeste

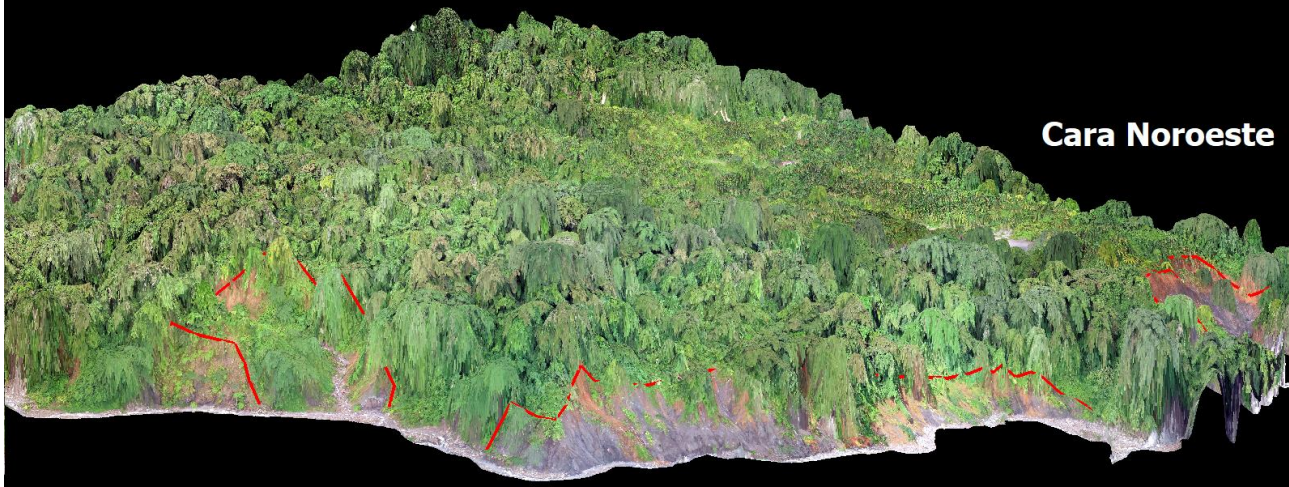


Figura 2. Deslizamiento Abrojo y sus áreas actuales

Modelo del deslizamiento de Abrojo, Corredores.

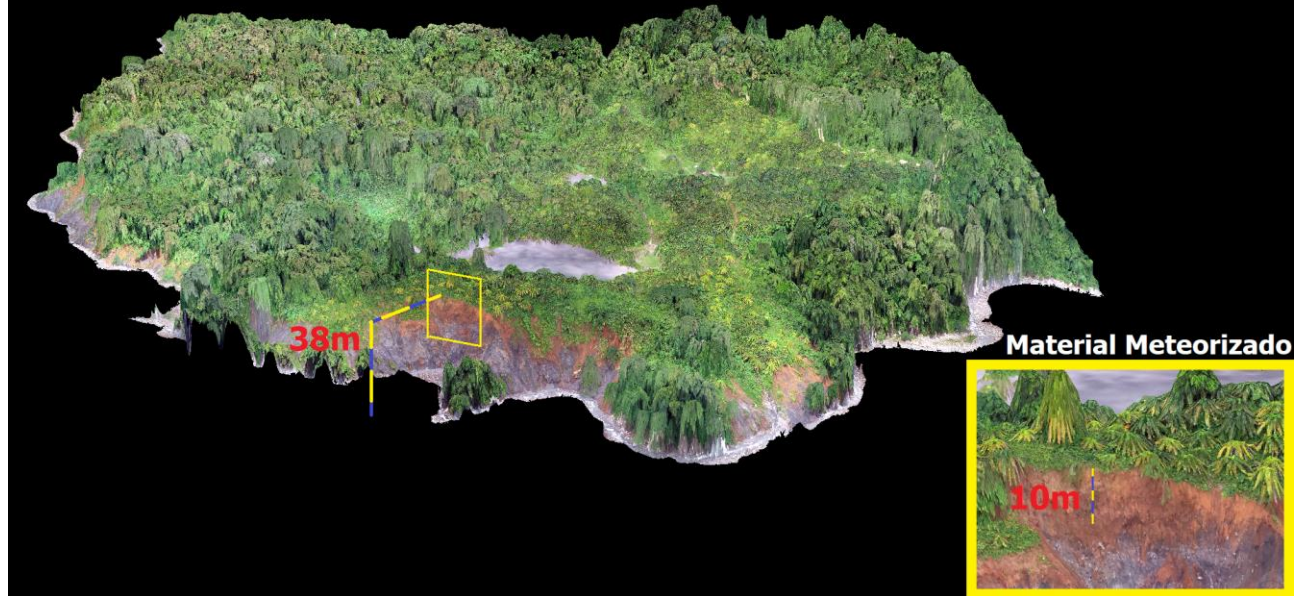


Figura 3. Modelo del deslizamiento de Abrojo y el grosor del material deslizable

Área cultivada de palma aceitera, deslizamiento de Abrojo, Corredores.



Figura 4. Cultivos sobre el deslizamiento de Abrojo

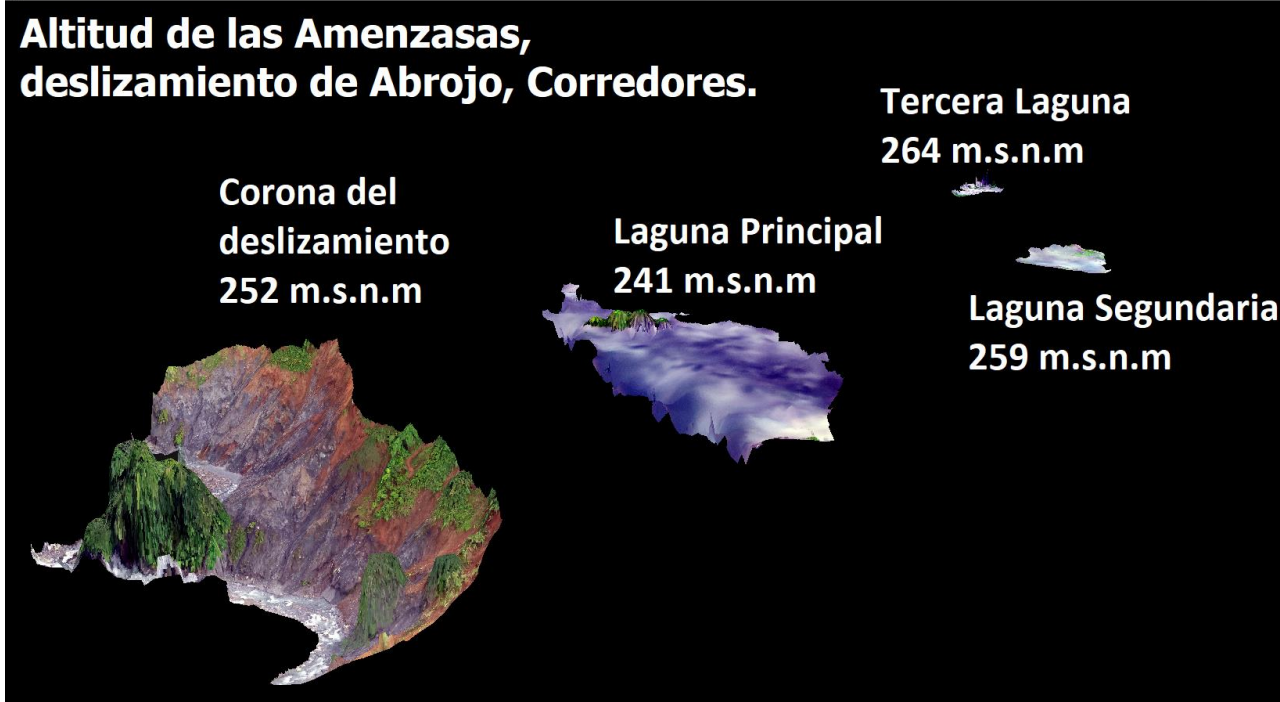


Figura 5. Representación topográfica de las lagunas y la parte principal del deslizamiento.

Zonas de inestabilidad del terreno

Para la identificación de las evidencias o rasgos asociados a las inestabilidades se realizó una metodología mixta que contempla la utilización de imágenes satelitales y trabajo de campo para la comprobación de los sectores afectados por movimientos de tierra y la identificación de nuevas zonas, así como una reevaluación de las intensidades de los movimientos que se registraron en las fotografías satelitales. Como parte de los insumos que se utilizaron para la aplicación de la metodología son las fotos satelitales del 2018 de Google Earth.

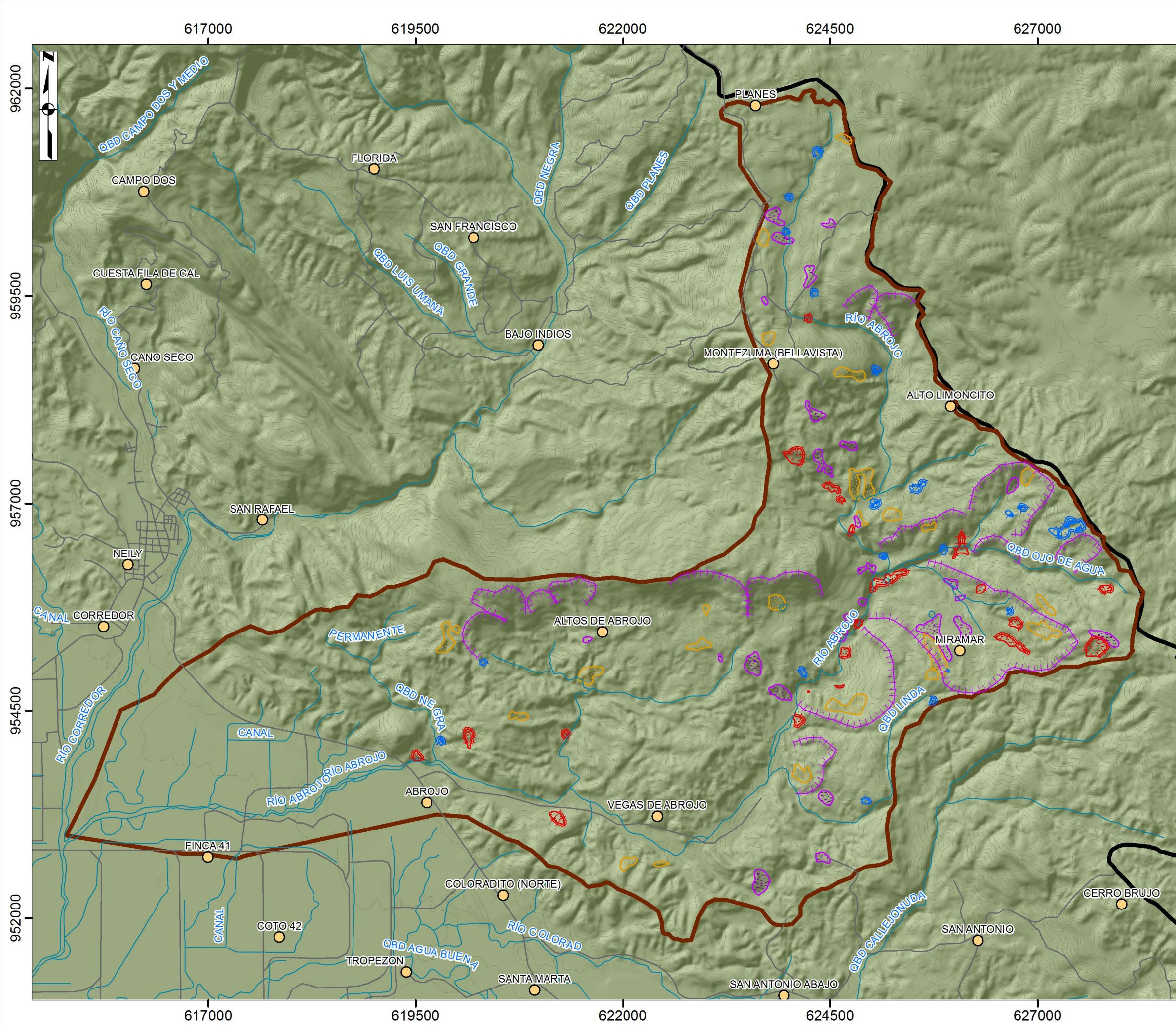
Entre los resultados que se obtuvieron se realizó una clasificación de movimientos de tierra a partir de la intensidad de los desplazamientos observados y de las evidencias que se aprecian en la superficie. Los movimientos más importantes que se catalogaron son:

- Zonas de deslizamientos activos
- Zonas de reptación intensa del suelo
- Zonas de reptación incipiente del suelo
- Zonas de deslizamientos antiguos

También se identificaron las estructuras principales de los deslizamientos: coronas de los deslizamientos activos, coronas de los deslizamientos antiguos y las coronas de las cárcavas.

Con base en los resultados se identificó una zona al Este de la subcuenca del río Abrojo, delimitada más detalladamente por la Quebrada Ojo de Agua, la Quebrada Linda, el río Abrojo inclusive llegando al límite con Panamá como el sector que presenta mayor cantidad de área afectada por inestabilidades del terreno, en esta área se presentan todas las clasificaciones de inestabilidades mencionadas anteriormente. Esta zona abarca el poblado de Miramar, que estaría rodeado por diferentes procesos de inestabilidad sin afectar directamente el pueblo. Para este sector se estima un área aproximada de 237 hectáreas. Dentro de esta zona se localiza el deslizamiento activo de la Laguna de Abrojo, que limita con el cauce del río Abrojo.

También en esta región se observaron una serie de lagunas alineadas asociadas a los desplazamientos del deslizamiento activo, en toda esta zona es visible que el desplazamiento de las masas de tierra ha cortado los niveles freáticos más superficiales causando la aparición de nacientes en los escarpes secundarios, siendo el origen más probable de las aguas de las lagunas. En zonas más cercanas al poblado de Miramar la reptación del suelo es un fenómeno que se observa frecuentemente en las laderas, además hay una serie de cárcavas que indican fuertes procesos de erosión y movimientos de masa, inclusive una de estas cárcavas, según los pobladores de la zona, es producto del vaciado de una antigua laguna hacia el río Abrojo. La distribución espacial de estos elementos descritos se aprecia en el mapa 9.

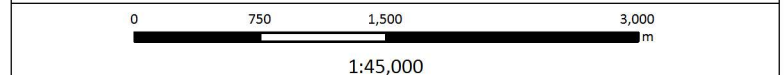


"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 9. Zonas de Inestabilidades para el área de estudio

Simbología

Poblados importantes	Inestabilidades del terreno
Red Vial (150000)	Coronas de cárcavas
Rios (1 50000)	Coronas de deslizamientos activos
Curvas de nivel (1 50000)	Coronas de deslizamientos antiguos
Subcuenca del Río Abrojo	Coronas de flujos de lodo
Limite Fronterizo Costa Rica-Panamá	Zonas de deslizamiento activo
	Zonas de reptación intensa de suelos
	Zonas de reptación incipiente de suelos
	Zonas de deslizamiento antiguo
	Zonas de flujos de lodo
	Zonas de cárcavas



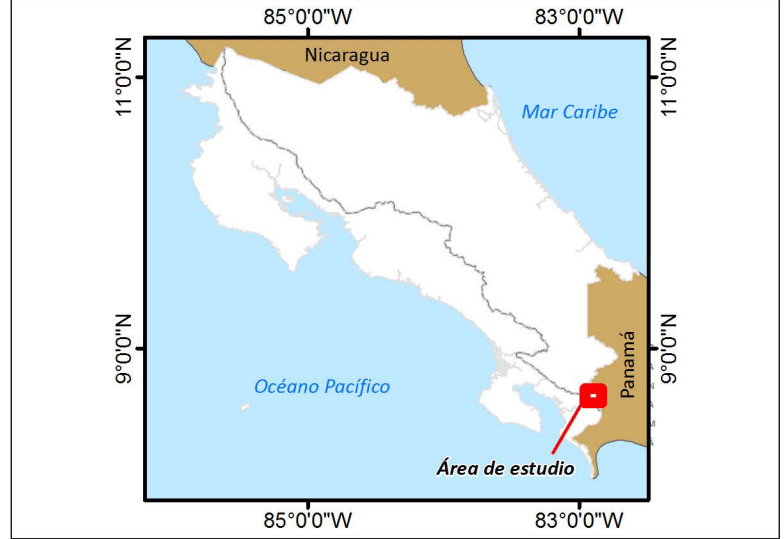
1:45,000
 Sistema de Coordenadas Planas:
 Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
 Fecha: Setiembre, 2019

Fuente de datos:
 Mapa Geológico parte de las Hojas Topográficas
 Canos (3641-4) y Cañas Gordas (3642-3).
 Campaña Geológica 2017. Escuela Centroamericana de Geología

Dibujo y diseño cartográfico:
 Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
 Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
 HGT Hidrogeotecnia Ltda.



625000

625400

625800



625000



625400

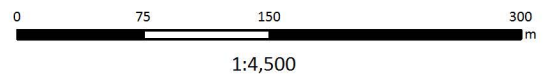
625800

"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 10. Ubicación del Perfil Geológico

Simbología

-  Poblados importantes
-  Línea de Perfil (A-B)



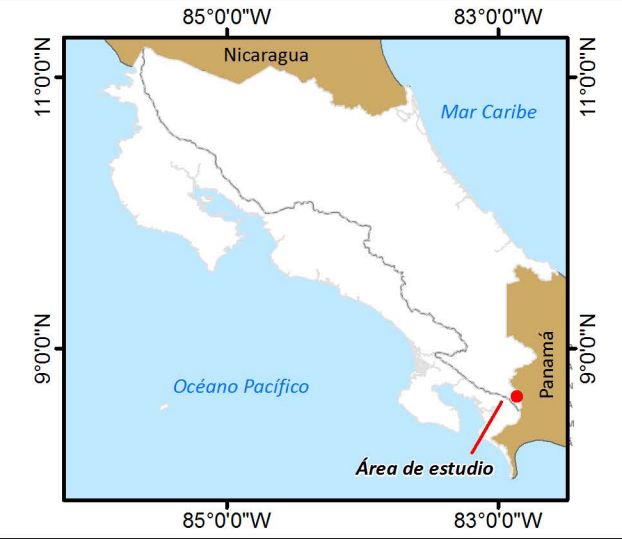
1:4,500

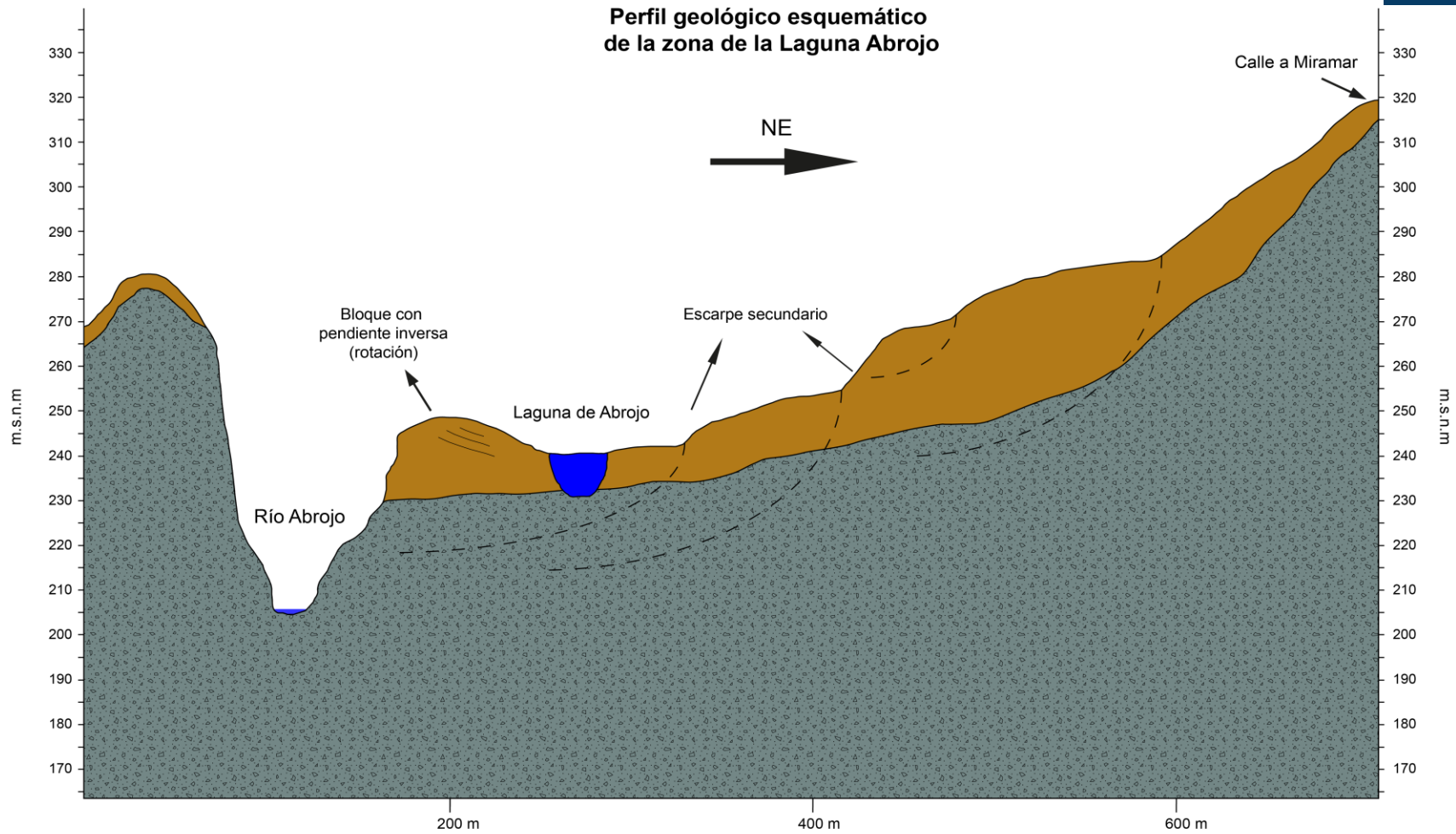
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012
Ortofoto, DEM, elaborados apartir del Vuelo de Dron, 2019

Dibujo y diseño cartográfico:
Geógr. Andrey Villalobos Jiménez

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECCNIA LTDA.





Simbología



-  Suelo residual y roca alterada color café
-  Rocas sedimentarias (areniscas con intercalaciones de lutitas)

Figura 6. Perfil geológico esquemático del deslizamiento de la Laguna de Abrojo

A partir de la información recolectada mediante el vuelo del dron, el trabajo de postproceso de las imágenes tomadas, la identificación de las zonas de inestabilidad y el trabajo de campo se realizó un perfil esquemático del modelo del deslizamiento que abarca la Laguna de Abrojo y continua hacia noreste, en dirección a Miramar hasta la divisoria de aguas de la subcuenca. El perfil se extiende desde el cañón del río Abrojo por unos 700 metros pendiente arriba en la margen izquierda, el espesor visible de roca alterada de color café y suelo residual es más de 10 metros y subyacente a esa capa está las rocas de color gris asociadas a la Formación Térraba, estas rocas presentan un grado de fracturamiento intenso, no se observan estratos en la zona expuesta por el deslizamiento.

Gracias a la topografía de detalle generada es posible observar estructuras del deslizamiento como lo son los escarpes secundarios, además desde el corte del camino hacia el poblado de Miramar y hasta el frente del deslizamiento en el cauce del río Abrojo hay una diferencia de alturas de casi 105 metros. También se observa que el frente del deslizamiento experimenta una rotación del bloque en movimiento lo que favorece la acumulación de agua y la formación de la laguna.

2.3. Modelaje hidráulico de un posible disparo de la masa y su área de influencia

Para llevar a cabo el modelaje hidráulico, de primera entrada se realizó el estudio hidrológico de la cuenca, con el fin de calcular los caudales que se pueden generar a partir de los registros hidrometeorológicos históricos y de eventos específicos como huracanes.

2.3.1. Hidrología de la subcuenca del río Abrojo

2.3.1.1. Características de la subcuenca

Se delimitó manualmente la cuenca hidrográfica en el punto de control que corresponde al puente sobre la Ruta Nacional 2 sobre el paso del río Abrojo, el cual se ubica en las coordenadas 619.385 Este y 953.790 Norte de la proyección CRTM-05. Para la delimitación de las cuencas se utilizaron curvas de nivel a escala 1:25.000 del SNIT.

La subcuenca delimitada hasta este punto tiene un área de 37,9 Km², el tipo de suelo predominante es roca fracturada por lo que se considera clase hidrológica A. En el **Mapa 11** se puede ver la ubicación de la subcuenca. La descripción con respecto a las pendientes de la cuenca se puede ver en la sección 2.3 de este informe.

2.3.1.2. Información meteorológica

Se utilizó la información de las estaciones meteorológicas del IMN Coto 47 (100631) y Coto 49 (100651) (**Mapa 11**), de las cuales se obtuvo la siguiente información:

- Estación Coto 47: precipitación máxima diaria anual para el periodo 1950-2011, precipitación diaria del 1° al 5 de noviembre del 2010 (huracán Tomas).
- Estación Coto 49: precipitación máxima diaria anual para el periodo 2013-2019, precipitación horaria del 5 al 8 de octubre del 2017 (huracán Nate).

En este periodo también se dio el suceso del huracán Otto, del 21 al 26 de noviembre del año 2016. A partir de la información anterior, se realizó el análisis de frecuencias para los datos de precipitación máxima diaria del registro, con el fin de obtener los valores de precipitación para 50 y 100 años de periodo de retorno

De acuerdo con los resultados obtenidos, la precipitación máxima para los periodos de retorno de 50 y 100 años es mayor a la precipitación máxima diaria para los días de las tormentas Tomas o Nate (120 y 137 mm respectivamente). Por lo tanto, para el modelo se utiliza la condición más crítica, que corresponde a la precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años.

La función que presentó mejor ajuste es la función Beta, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha_1, \alpha_2)} \frac{(x-a)^{\alpha_1-1} (b-x)^{\alpha_2-1}}{(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}}$$

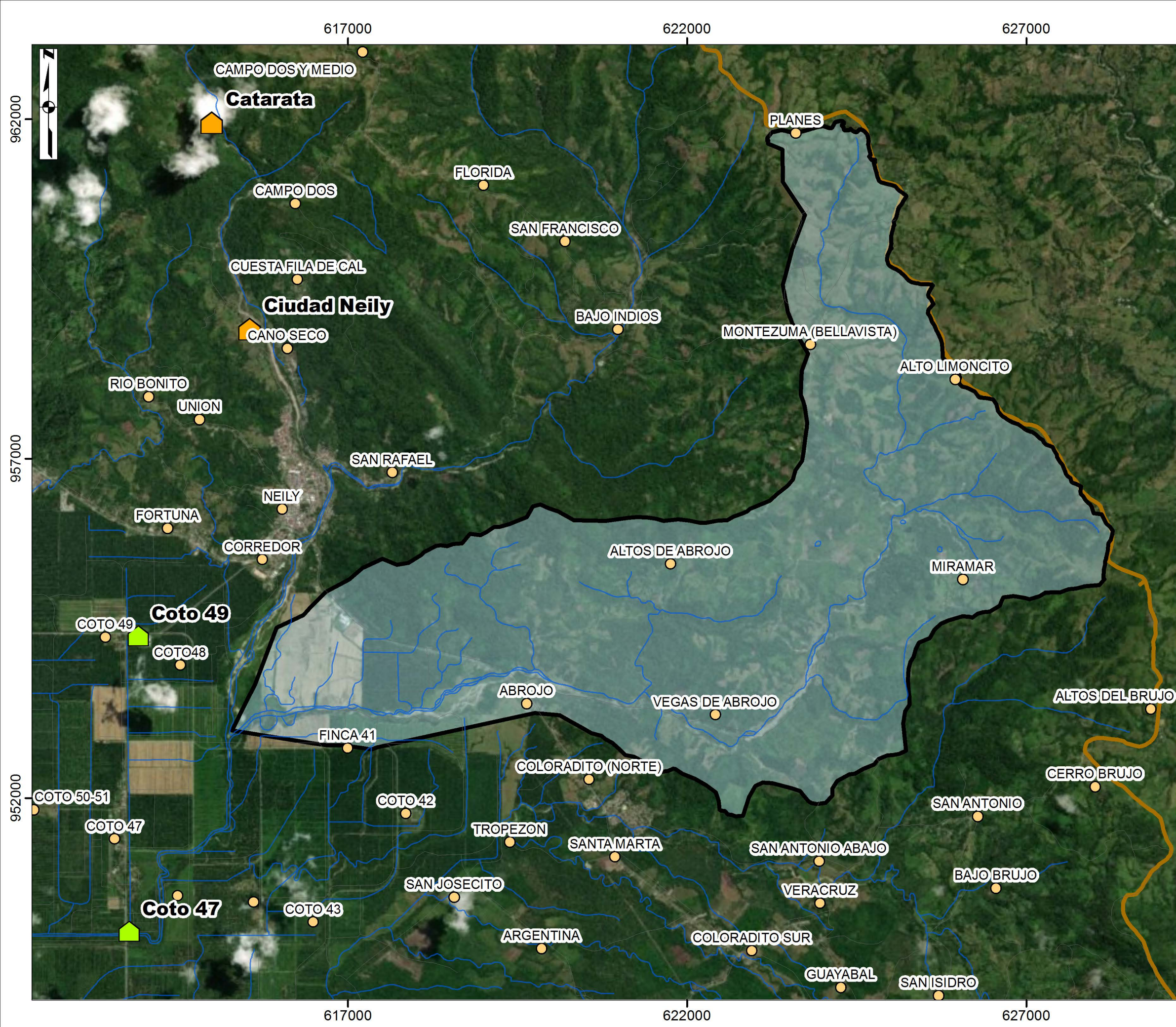
Utilizando los siguientes parámetros de ajuste:

Parámetro	Valor
a1	1,1254
a2	1,9895
a	78,78
b	217,4

A partir de esta función, se obtuvo que los valores de precipitación para los periodos de retorno señalados son:

Cuadro 12. Precipitación por periodo de retorno

Periodo de Retorno (T)	Probabilidad (P)	1-P	Precipitación (mm)
50	0,02000	0,98000	197,5
100	0,01000	0,99000	205,5



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 11. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas

Simbología

- Poblados importantes
- Estaciones Fluviográficas (ICE)
- Estaciones Meteorológicas (IMN)
- Red Vial (150000)
- Ríos (1 50000)
- Subcuenca del Río Abrojo
- Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá

0 900 1,800 3,600 m

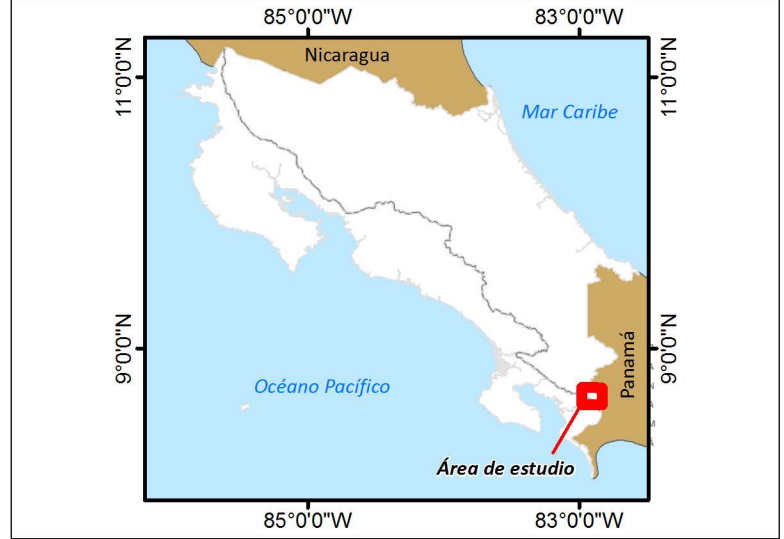
1:55,000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012
Estaciones Meteorológicas, IMN 2019

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



A partir de la información de precipitación horaria obtenida para el huracán Nate, se obtuvo el hietograma de una tormenta para la zona de estudio, el cual tiene la siguiente forma:

Cuadro 13. Hietograma para tormenta en la Estación Coto 49

Hora	P (mm)	%
09:00	8,2	4%
10:00	1	1%
11:00	3,4	2%
12:00	10	5%
13:00	1,4	1%
14:00	2,6	1%
15:00	5,6	3%
16:00	1	1%
17:00	3	2%
18:00	1	1%
19:00	6,8	4%
20:00	25,6	14%
21:00	25,8	14%
22:00	11,6	6%
23:00	6,4	3%
00:00	12,4	7%
01:00	10	5%
02:00	5	3%
03:00	23,0	12%
04:00	25,8	14%

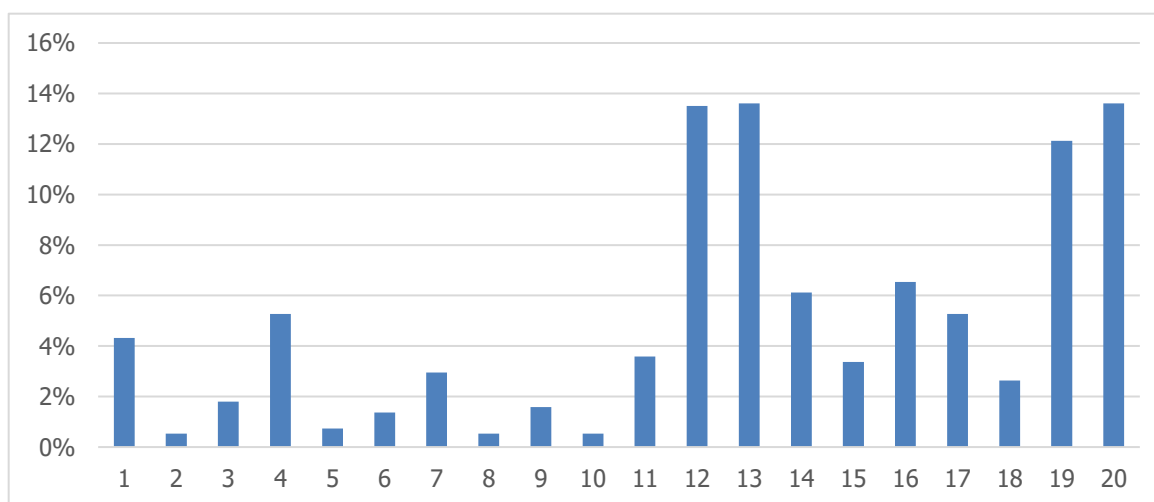


Gráfico 1. Hietograma de tormenta en la Estación Coto 49

Luego, una vez que se realizó el análisis de precipitaciones, se procede con el método pérdidas y de precipitación-escorrentía, para la generación de los hidrogramas.

2.3.1.3. Modelo de pérdidas

Durante una tormenta, una parte de la precipitación no escurre directamente hacia el cauce. Ella es interceptada por plantas u otros elementos, se almacena en depresiones o se infiltra en el suelo. Para el cálculo de esas abstracciones se utilizará la metodología del número de curva del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS).

Este método plantea que una parte de precipitación no escurrirá directamente, esta parte se denomina abstracciones iniciales (I_a). Luego habrá otra proporción de la precipitación que se denomina abstracciones continuas (F_a), que decrece con el paso del tiempo. La precipitación restante se convertirá en precipitación efectiva (P_e) (**Figura 7**).

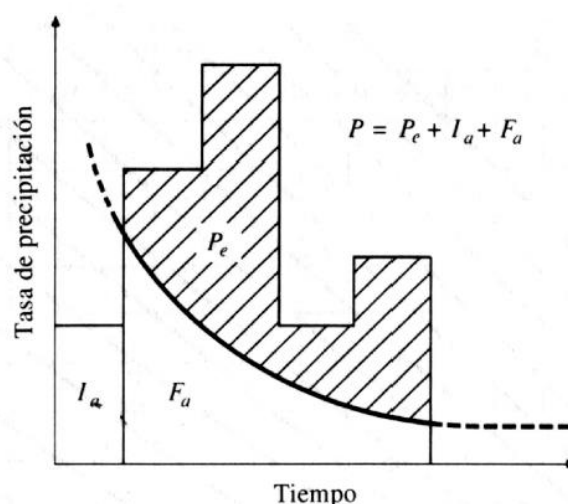


Figura 7. Representación gráfica de la precipitación efectiva

El método fue desarrollado en un gran número de cuencas experimentales y el resultado es una tabulación de valores del número de curva que varía de 1 a 100, correspondiendo 100 a una superficie completamente impermeable y 1 a una superficie completamente permeable.

La precipitación efectiva, P_e (mm), es la precipitación que produce escorrentía directa y depende de la retención potencial máxima S (mm) de la cuenca y las pérdidas iniciales I_a (mm). La retención se calcula considerando el número de curva (CN).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Una vez definida la retención, se pueden calcular las pérdidas iniciales y la precipitación efectiva mediante las siguientes fórmulas:

$$I_a = 0,2S$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

La variación del número de curva depende de distintos factores. El primero de ellos es la condición hidrológica, que se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, en función de la cobertura vegetal. Otro factor es el grupo hidrológico del suelo, definido por la capacidad de infiltración. Un tercer factor es el uso de la tierra y tratamiento. El último parámetro que toma en cuenta el número de curva es la condición de humedad antecedente, el cual está determinado por la lluvia total de un período de 5 días anterior de la tormenta.

Para el presente estudio se eligieron los cuatro grupos hidrológicos según el tipo de suelo presente en las cuencas, definidos en la clasificación de Bogantes et al (2002). Se considera una condición antecedente de humedad tipo II.

En el **Mapa 14** se muestra el uso de suelo en la cuenca y en el **Cuadro 14** se presenta el área correspondiente a cada uso. En la cuenca del río Abrojo predomina el uso de bosque, seguido por pastos y cultivos.

Cuadro 14. Uso del suelo en la subcuenca río Abrojo

Uso	Área (km ²)	% Área	CN
Bosque	19,84	52,37	25
Charral	0,92	2,43	49
Cultivos	3,88	10,25	72
Deslizamiento	0,01	0,03	77
Laguna	0,02	0,06	98
Pastos	12,72	33,59	49
Río Abrojo	0,27	0,71	98
Urbano	0,22	0,57	77
Total	37,89	100,00	
Promedio			39

Para estimar el número de curva de la cuenca se consideraron los usos de la tierra presentados anteriormente. En el **Cuadro 15** se muestran los diferentes valores utilizados para cada uso de acuerdo a las clasificaciones del NRCS (2004).

Cuadro 15. Número de curva según uso y clase hidrológica

Uso de suelo	A	B	C	D
Bosque	25	55	70	77
Cultivos	72	81	88	91
Pastos y árboles	49	69	79	84
Urbano	77	85	90	92

De los datos anteriores se calcularon la retención y las pérdidas iniciales en cada una de las cuencas. A continuación, se muestran los resultados.

Retención (S)	391,8 mm
Pérdidas iniciales (I)	78,4 mm

2.3.1.4. Modelo de precipitación- escorrentía

Para estimar los hidrogramas mediante la metodología de la SCS, se requiere determinar el tiempo de retardo de la cuenca (t_{lag}), que se puede aproximar como 0,6 veces el tiempo de concentración.

Para el tiempo de concentración del flujo concentrado o flujo en el cauce, se puede utilizar la fórmula de Kirpich, que se expresa de la siguiente manera:

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$$

Donde:

- L: longitud del cauce principal (m)
- S: pendiente del cauce (m/m)
- t_c : tiempo de concentración (h)

Longitud del cauce (m)	11519,87
Pendiente del cauce (%)	31
Tc Kirpich (h)	0,68
T retraso (h)	0,41
T retraso (min)	24,62

2.3.1.5. Hidrogramas

A partir de los resultados obtenidos en los apartados anteriores, se utilizó el programa "Hydrologic Modeling System" (HEC-HMS) para estimar los caudales pico ante la ocurrencia de los eventos extremos de precipitación.

En el **Cuadro 16** se presentan los caudales pico para ambos periodos de retorno en la cuenca en estudio. En el **Gráfico 2** se muestran los hidrogramas obtenidos para cada uno de los periodos de retorno.

Cuadro 16. Hidrogramas calculados para la subcuenca del río Abrojo

Tiempo (h)	Caudal (m ³ /s) TR=100 años	Caudal (m ³ /s) TR=50 años
12:00	0	0
13:00	11,7	8,1
14:00	17,2	13,9
15:00	14,2	12,1
16:00	26,2	22,9
17:00	28,6	25,5
18:00	19,3	17,3
19:00	68,2	61,9
20:00	104,9	95,9
21:00	27,8	25,4
22:00	5,4	5
23:00	0,9	0,9
00:00	0	0

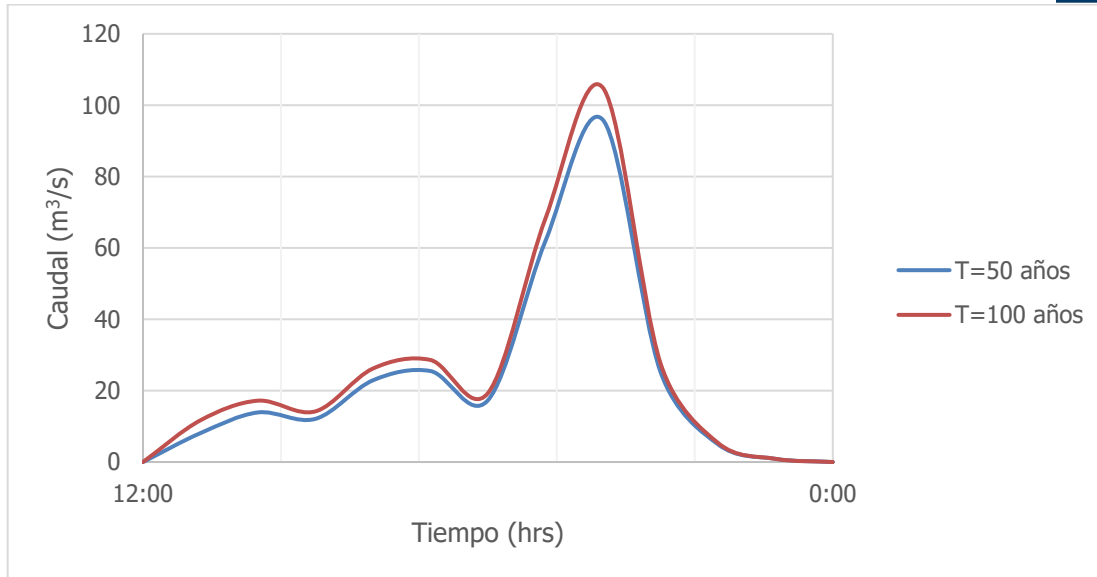


Gráfico 2. Hidrogramas para la subcuenca del río Abrojo

2.3.2. Modelo hidráulico

Para llevar a cabo el estudio hidráulico se utilizó el programa IBER, el cual es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, conocidas también como ecuaciones de Saint Venant bidimensionales. Estas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y relativamente uniforme de velocidad en la profundidad.

Actualmente, los modelos numéricos basados en estas ecuaciones son los más utilizados en estudios de dinámica fluvial, evaluación de zonas inundables y cálculo de transporte de sedimentos.

Todos los esquemas numéricos que resuelve el programa para los diferentes usos, se resuelven por el método de volúmenes finitos. Este método es uno de los más extendidos y comúnmente utilizados en la dinámica de fluidos computacional. Para resolver las ecuaciones de Saint Venant se debe realizar una discretización de las mismas, en el programa hecho mediante mallas de cálculo.

2.3.2.1. Datos de entrada al programa

Se deben ingresar los necesarios para que el programa pueda llevar a cabo la resolución de las ecuaciones hidrodinámicas. Hay tres factores principales que se incluyen en el programa: información de topografía, información hidráulica y características del sitio.

- **Información de topografía**

Como se mencionó anteriormente, el programa utiliza mallas de cálculo. Estas se crean a partir de la información topográfica disponible, la cual entre más detallada sea, mejor precisión tendrá el programa en la generación de la malla y por ende, mejores resultados al momento de realizar los cálculos. Para el caso de la subcuenca del río Abrojo, se contaba con el modelo de elevación digital, con el cual posteriormente se generó la malla (**Figura 8, Figura 9**).



Figura 8. Malla no estructurada utilizada para el modelo

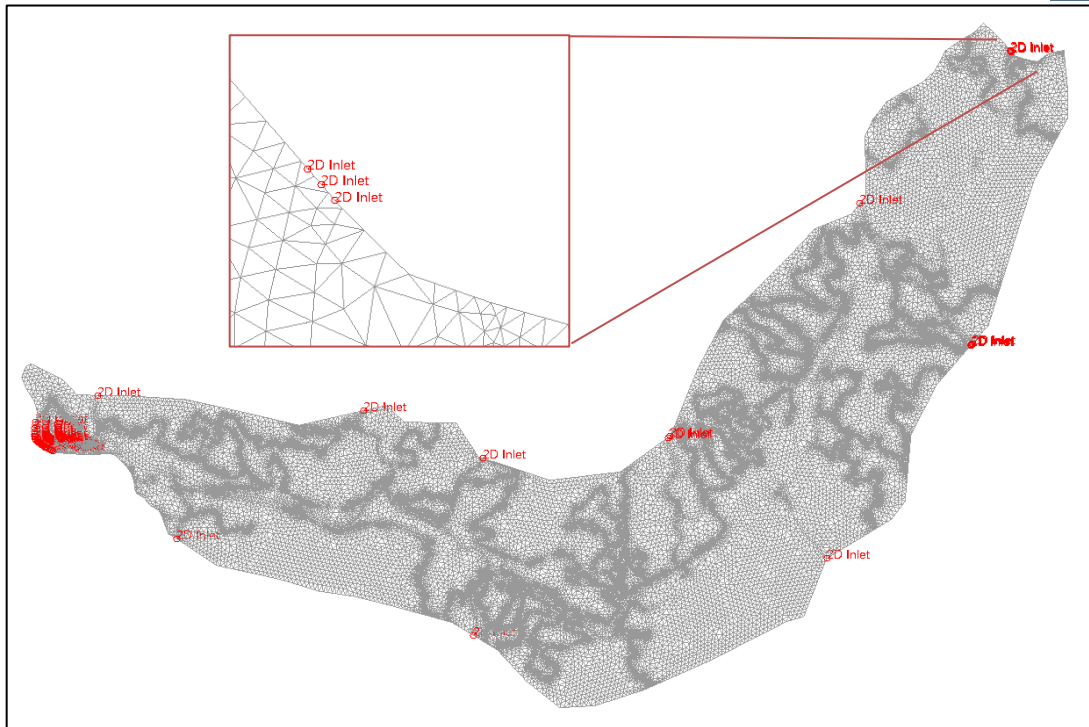


Figura 9. Asignación de entradas y salidas en la malla

- **Información hidráulica**

Para utilizar el modelo, se deben dar condiciones de contorno a la malla de cálculo, según el tipo de cálculo que se quiera realizar. Para el modelo hidrodinámico, se debe asignar una entrada y una salida de caudal, marcando los polígonos de la malla que serán utilizados para tal fin. La cuenca se discretizó en varias entradas, para tener un modelo más apegado a la realidad. En **Mapa 12** se muestran las microcuencas utilizadas, así como la cobertura de la malla del modelo.

617000

622000

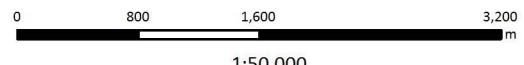
627000

"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 12. Ubicación de las microcuencas y malla del Modelo Hidráulico

Simbología

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|
|  | Poblados importantes |  | 1 |
|  | Ríos (1:25000) |  | 2 |
|  | Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá |  | 3 |
|  | Cobertura de Malla |  | 4 |
| | |  | 5 |
| | |  | 6 |
| | |  | 7 |
| | |  | 8 |
| | |  | 9 |
| | |  | 10 |
| | |  | Subcuenca del Río Abrojo |



1:50,000

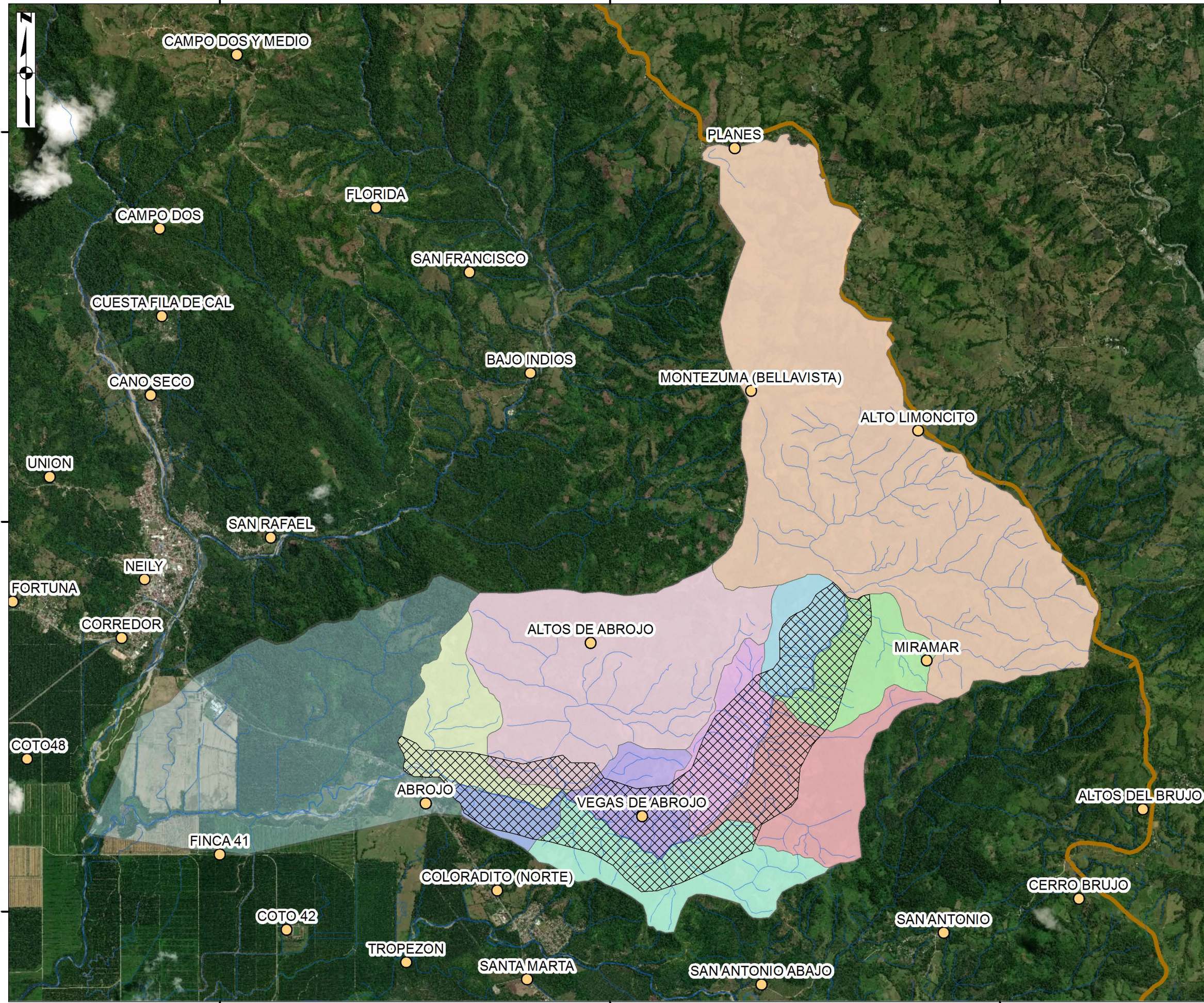
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Setiembre, 2019

Fuente de datos:
Hoja Cartográfica Canoas y Cañas Gordas (1:50000)

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



617000

622000

627000

957000

957000

952000

952000

- **Características del sitio**

Dentro de las características más importantes que se deben definir para el modelo está la rugosidad del cauce y las zonas circundantes. En el programa, se define una rugosidad para cada polígono de la malla de cálculo. Para este modelo, se utilizó las n de Manning que indica el software de acuerdo con el mapa de uso de suelo de la cuenca.

- **Consideraciones adicionales**

Por las características del modelo hidráulico, específico para representar un flujo de lodos provocado por un represamiento en el cauce debido a un deslizamiento, se hicieron algunas variaciones al modelo normal de inundaciones que se genera con el programa.

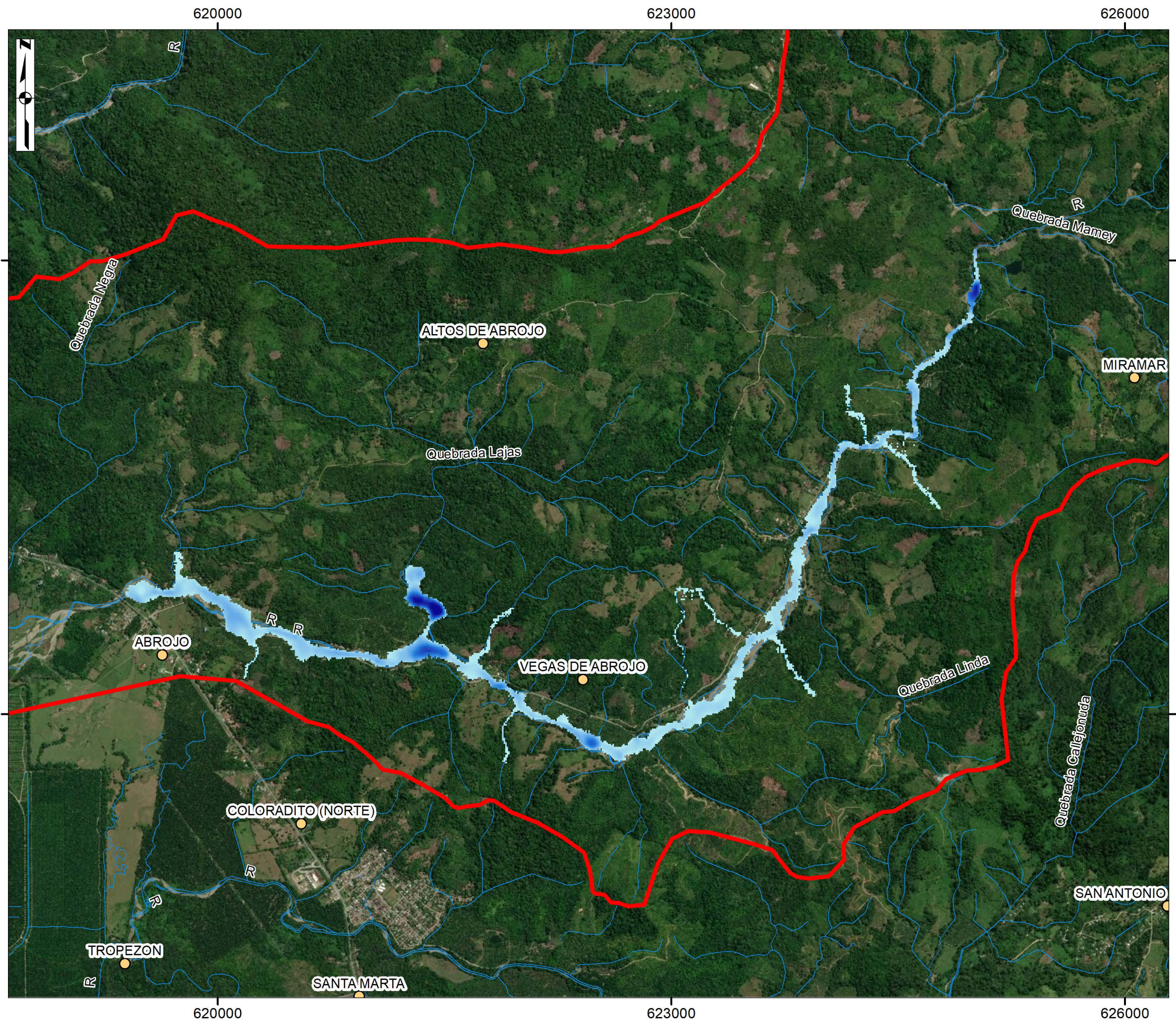
La primera de ellas fue considerar una cota inicial para el agua, partiendo del hecho que se tenía el represamiento, por lo que la esta cota se definió en 10 metros. La segunda es que se agregan sedimentos al agua, para simular que el fluido a modelar es agua con partículas sólidas. Esta última consideración se toma como conservadora, ya que el flujo entre más acuoso, puede abarcar un área mayor al que podría alcanzar un flujo más denso.

Los resultados se muestran en la sección 2.5.

2.4. Mapa de zonificación y avenida probable

A partir de la información y los modelos propuestos en la sección 2.4, se obtuvo el siguiente resultado en cuanto al área potencialmente inundable por un flujo de lodo en el cauce del río Abrojo (**Mapa 13**).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el modelo, parte de la comunidad de Abrojo Norte (la más cercana a Abrojo Sur), sí se estaría viendo afectada directamente por el flujo, con profundidades incluso alcanzando los 3-3,5 metros.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 13. Zonas con potencial de Inundación (T=100 años)

Simbología

- Poblados importantes
- Ríos (1:25000)
- Subcuenca del Río Abrojo

Zona inundable T=100 años

Máx : 5,46 m

Mín : 0,01 m

0 412,5 825 1 650 m

1:25 000

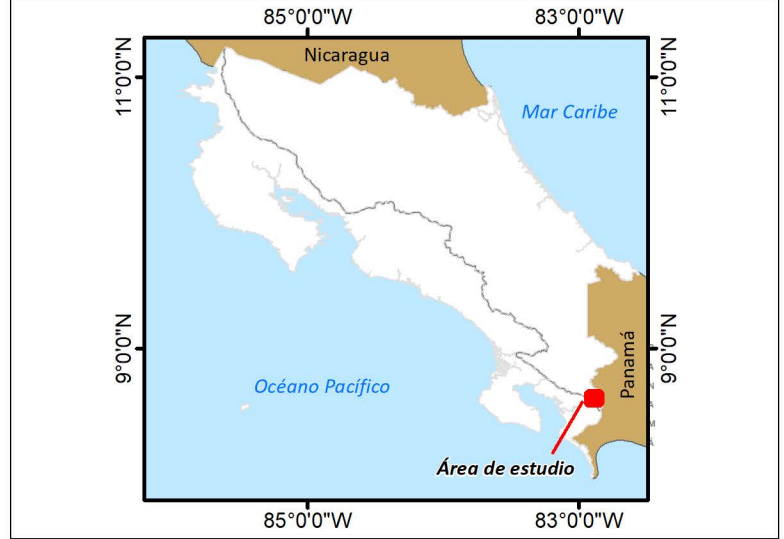
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Setiembre, 2019

Fuente de datos:
Imagen Satelital ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HST HIDROGEOTECNIA LTDA.



2.5. Posibles medidas de intervención

De acuerdo con los resultados obtenidos, se proponen algunas medidas de intervención en la zona para resguardar la seguridad de los habitantes:

- Establecer mecanismos de fiscalización a nivel municipal para evitar el desarrollo de infraestructura privada y comunal en los sectores con potencial afectación de procesos de inestabilidad de laderas y de inundación. Se sabe que es difícil la reubicación de las personas que habitan la zona, pero a través de una debida fiscalización por parte de la Municipalidad, se puede evitar que se siga creciendo en sectores que ya han sido señalados como de riesgo.
- Fortalecer la conformación y participación activa del Comité Municipal de Emergencias en las comunidades de influencia bajo supervisión de la CNE. Esto con el fin de poder atender de manera adecuada la ocurrencia de una emergencia, así como lograr establecer protocolos para la prevención.
- Elaborar una propuesta de instrumentación para el monitoreo del comportamiento hidráulico del río Abrojo que permita identificar un patrón de comportamiento estacional del mismo, así también para la detección de crecidas extraordinarias en caso de presentarse eventos hidrometeorológicos que impacten la cuenca. De esta manera, se puede buscar el objetivo de establecer un sistema de alerta temprana en caso de emergencia.

2.6. Umbrales de disparo

A partir del análisis estadístico de los datos de lluvias con periodos de retorno de 100 años y con los datos máximos registrados durante el año 2016 y 2017 cuando el huracán Otto y la tormenta tropical Nate afectaron el territorio nacional, donde se registraron lluvias máximas en 24 horas de 247.6 mm aproximadamente. Lo cual se puede clasificar como un evento extraordinario respecto a la media registrada por las estaciones meteorológicas de la zona, este evento atípico se puede justificar por los efectos de variabilidad y el cambio climático, lo que se debe considerar a futuro como eventos más usuales y recurrentes.

Con este evento hidrometeorológico se presentaron desplazamientos en la zona de la laguna de Abrojo, sin embargo, se debe aclarar que para esas fechas (2016 y 2017) ya la zona era afectada por un deslizamiento activo, esto se confirma con la comparación de imágenes aéreas de varios años anteriores entre los que se mencionan el año 2014, 2012 y 2002.

Por lo tanto se puede relacionar estas cantidades de lluvia y eventos similares como disparadores del deslizamiento y consecuentemente provocarían una aceleración en los procesos de los movimientos de tierra, sin embargo, también se debe considerar un único evento de 24 horas donde las precipitaciones sean mayores a 247 mm, con una saturación del suelo previa, esto sería también considerado como un posible evento disparador de la masa de tierra del deslizamiento de la Laguna de Abrojo, por lo que se recomienda en este aspecto proponer sistemas de vigilancia meteorológica en tiempo real que contabilice la precipitación en la parte media y alta de la cuenca.

En cuanto a los umbrales de disparo asociados a sismos hay que considerar que la zona es altamente sísmica, y que en eventos previos se han registrado magnitudes cercanas a los 6.0 Mw con intensidades de tipo V, VI y VIII, sin afectaciones. Lo cual debe de asociarse con la saturación de humedad del suelo para generar un movimiento de la superficie del deslizamiento por lo tanto ante cualquier movimiento sísmico en la zona con características de magnitud e intensidad asociado a lluvias que conlleven a una saturación del suelo se pueden considerar dentro del umbral de disparo. Eventos que registren magnitudes mayores a 6 Mw con cercanía del epicentro de menos de 10 Km y profundidades relativamente someras se pueden considerar como dentro del umbral disparador.

3. CARACTERIZACIÓN DE VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE INTERVENCIÓN

3.1. Uso de la tierra, capacidad de uso y conflicto de uso

Reseña Cronológica del uso de la tierra en el sector del deslizamiento

La subcuenca de río Abrojo es una zona donde la intervención humana a estado en carácter importante, esto significa que se han creado dinamismos en los usos durante los años, por ello es importante investigar cronológicamente los cambios y sus efectos que han dado como resultado elementos actuales, también es de suma importancia generar una clasificación de uso de la tierra, para poder identificar las actividades o intervenciones del ser humano que será clave para la poder crear planes de acción y/o regulaciones para la cuenca.

Herramientas como Google Earth nos facilita imágenes históricas en los cuales son de suma ayuda para detectar el uso de la tierra que había en años anteriores. Las imágenes obtenidas para el sitio son de los años 2002 y 2018 en los cuales se hará un ejercicio de identificación de las áreas que cambiaron en los años.

Para el año 2002 el deslizamiento principal tenía un área de más 7000 m² y prácticamente desde el sector de la corona hacia aguas arriba se encontraba cubierta de bosque

aproximadamente 1 km², áreas nulas de cultivo y de 100000 m² áreas de pasto y charral, el área de la laguna tan solo se muestra en la imagen satelital apenas 2600 m².

Además, se muestra una segunda laguna que actualmente se encuentra desaparecida (**Figura 10**).

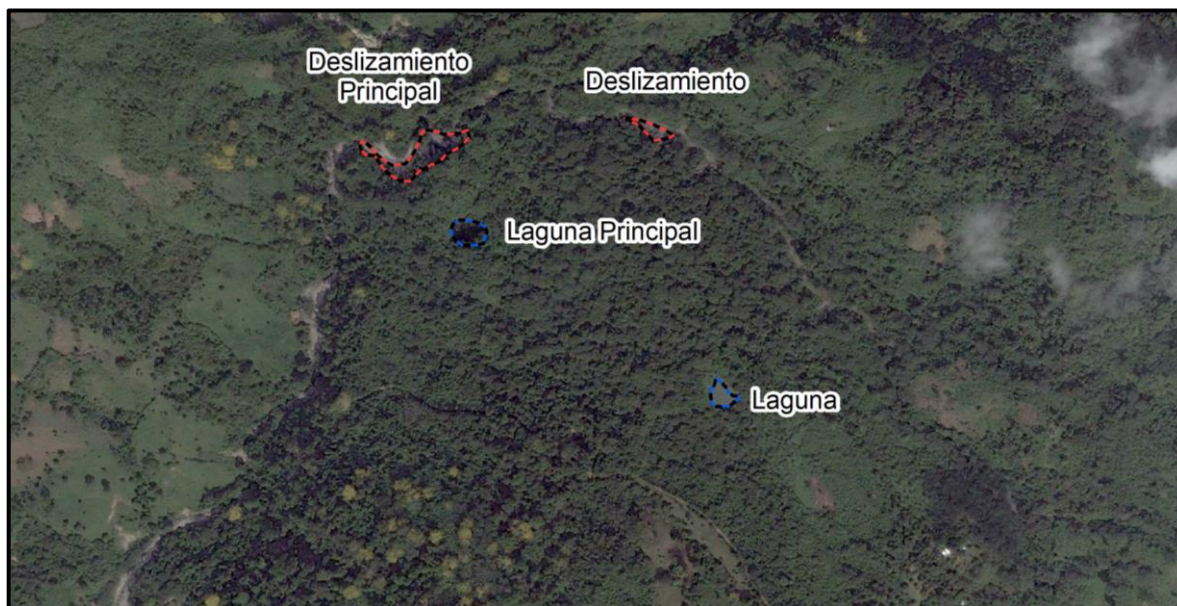


Figura 10. Uso de la tierra del deslizamiento Abrojo, año 2002

Para el año 2018 aumenta el área del deslizamiento principal de más de 9000 m², aumentó más de una tercera parte en 15 años, la laguna aumenta a 7000 m², aparecen nuevos deslizamientos aguas arriba, cerca de los afluentes que le aportan al río Abrojo, hacia el sector Noreste y Este de la laguna principal. Hay un cambio del uso de la tierra cerca de la corona principal, pasa de Bosque Primario a Cultivos de Palma, se produce una extensión de más de 1 Hectárea de área Labrada (**Figura 11**).



Figura 11. Uso de la tierra del deslizamiento Abrojo, año 2018

Para el año 2019 se ejecutó un sobre vuelo en la zona más inestable del deslizamiento con este levantamiento fotogramétrico, se confeccionó una ortofoto de aproximadamente 1km² y con una resolución de 5,0cm el pixel, con el fin de actualizar los cambios que han sucedido del año pasado a la actualidad y con su finalidad de detectar elementos, a tiempo más efectivo y que no es fácil de conseguir información actualizada por algún otro medio, además nos ayuda a descubrir elementos que no se podrían mostrar a la resolución que tienen las imágenes de los años 2002 y 2018.

El área de la Laguna principal ascendió a más de 10000m^m, 3000m² que el año pasado, luego aparecen 3 nuevas lagunas identificadas por sus espejos de agua, se logra identificar más área deslizada aguas abajo del deslizamiento principal y el crecimiento del de la parte principal a 1.3 hectáreas y prácticamente el resto el uso de la tierra no ha cambiado con respecto al año 2018 (**Figura 12**).

Se aportará un cuadro resumen de los cambios sucedidos en los 3 años analizados en el **Cuadro 17**.



Figura 12. Uso de la tierra del deslizamiento Abrojo, año 2019

Cuadro 17. Cambio del uso de la tierra para el deslizamiento del río Abrojo

Amenaza	Área en m ²		
	2002	2018	2019
Deslizamientos	8603	17719	23900
Lagunas	4342	7805	11835

Descripción del uso de la tierra de la subcuenca del río Abrojo

Esta clasificación se obtuvo a partir del vuelo del 2017 como parte del programa de Catastro de Registro Nacional, el insumo está alojado en los geoportales del SNIT, esta capa nos ayuda en materia de no solo observar los tipos de usos sino también podremos usar datos de áreas, localizar espacios críticos e identificación de fenómenos que están dentro de la zona de investigación.

En el **Mapa 14** se presenta el mapa de uso del suelo actual elaborado para la cuenca del río Abrojo.

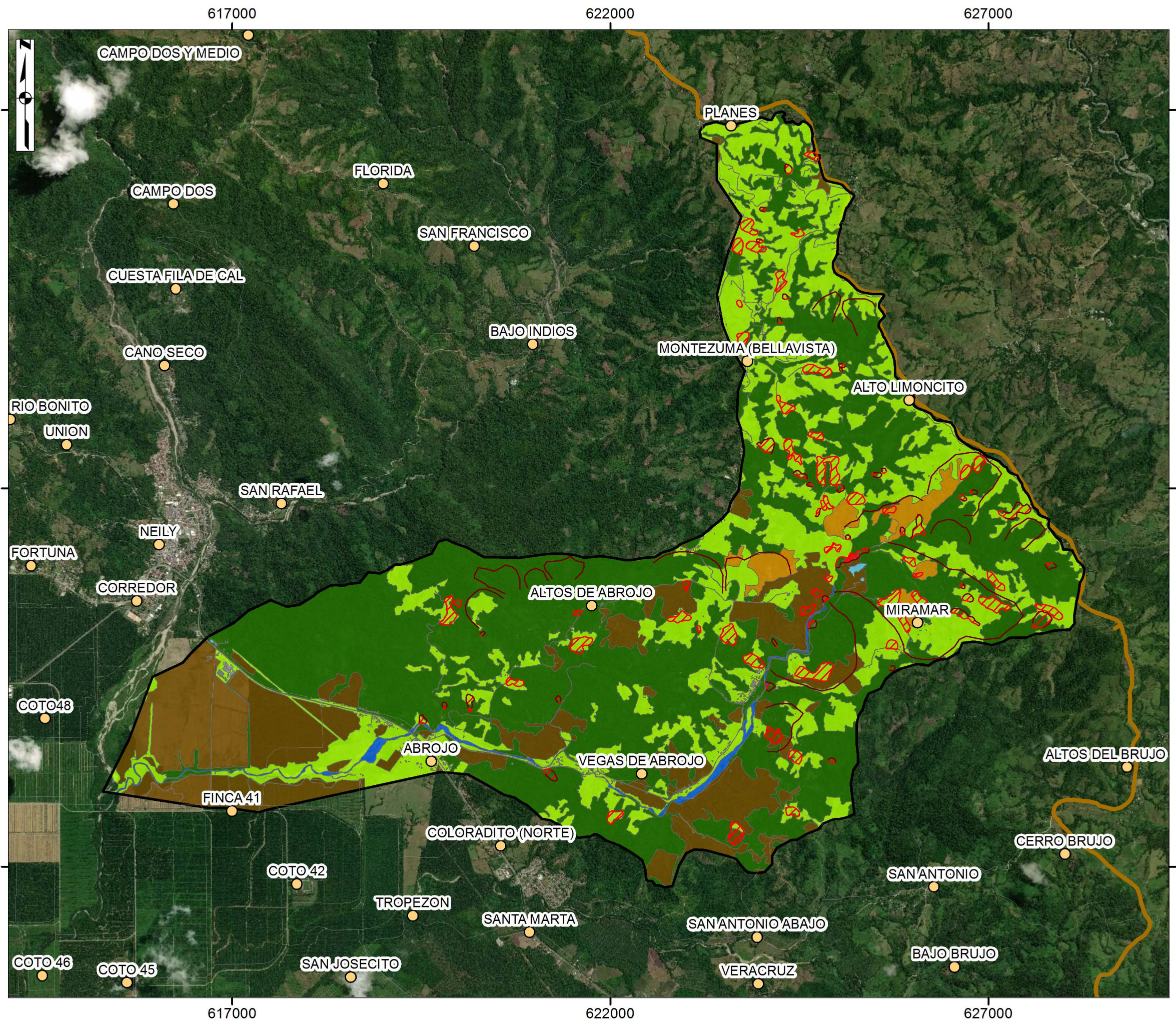
En el **Cuadro 18** se incluye la clasificación utilizada para la cobertura de uso del suelo generada para el área de estudio.

Cuadro 18. Clasificación del uso de la tierra para subcuenca del río Abrojo

Uso	Área (m ²)	Porcentaje
Bosque	23821858,1	49,56
Pastos	14451193,8	30,07
Cultivos	8107289,6	16,87
Charral	921982,7	1,92
Urbano	326181,9	0,68
Deslizamientos	12449,4	0,03
Laguna	24448,6	0,05
Río Abrojo	399746,1	0,83

Es una zona montañosa que presenta por casi un 50% de áreas boscosas (**Gráfico 3**), son importantes para la zona estudio debido a sus altas pendientes, ayuda a reducir las tasas de erosión y la desertificación del suelo.

En segundo lugar, pero no menos importante, presenta con más de un 30% del área total, en su mayoría están situadas desde las pendientes bajas hasta las muy altas, estas zonas tienen a crear áreas donde las tasas de erosión o remoción de masas es alta en donde se conjuga no solo el uso, sino el tipo de suelo y el grado de meteorización y la geología local, estos atributos deben ser tomados en cuenta para dar una valorización importante en carácter de amenaza y riesgo.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 14. Uso del Suelo para el área de estudio

Simbología

	Poblados importantes		Bosque
	Coronas de Inestabilidad		Charral
	Red Vial		Cultivos
	Inestabilidades		Deslizamiento
	Subcuenca del Río Abrojo		Lagunas
	Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá		Pastos
			Urbano
			Río Abrojo

0 800 1,600 3,200 m

1:50,000

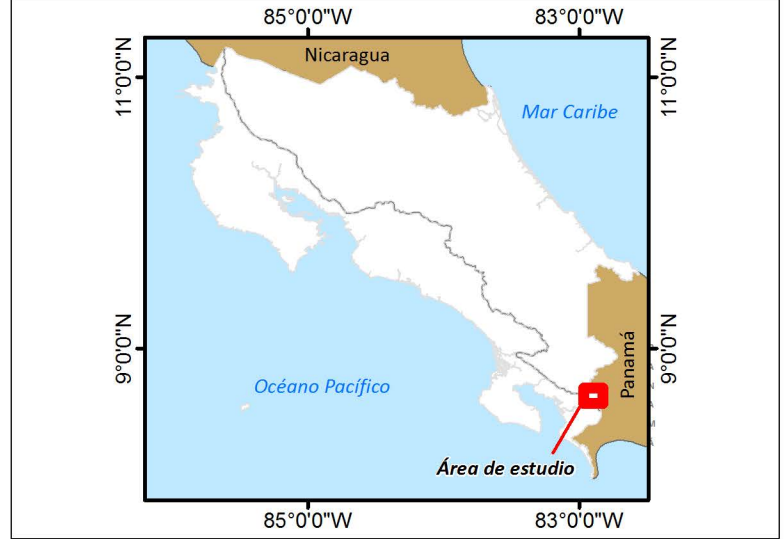
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
Hoja Cartográfica Canoas y Cañas Gordas (1:50000)
Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)

Dibujo y diseño cartográfico:
Geogr. Andrey Villalobos Jiménez

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECCNIA LTDA.



Los cultivos que en su mayoría es el cultivo de palma africana esta actividad económica es la más importante por lo que se tiene que dar una valorización desde varios puntos de vista. Están situadas en su mayoría en franjas planas, pero hay sectores donde se ubican en laderas y espacios con altas pendientes.

Las zonas donde están los asentamientos apenas son el 0.68% de la totalidad, sin embargo, es la zona más importante del estudio, donde tenemos que caracterizar e identificar su ubicación y valorización ante los objetivos del estudio.

También se tomaron en cuenta las posibles amenazas, entre ellas encontramos los deslizamientos, las lagunas de Abrojo y el mismo río de Abrojo que juntos son el 1% que cubre en la totalidad de la cuenca.

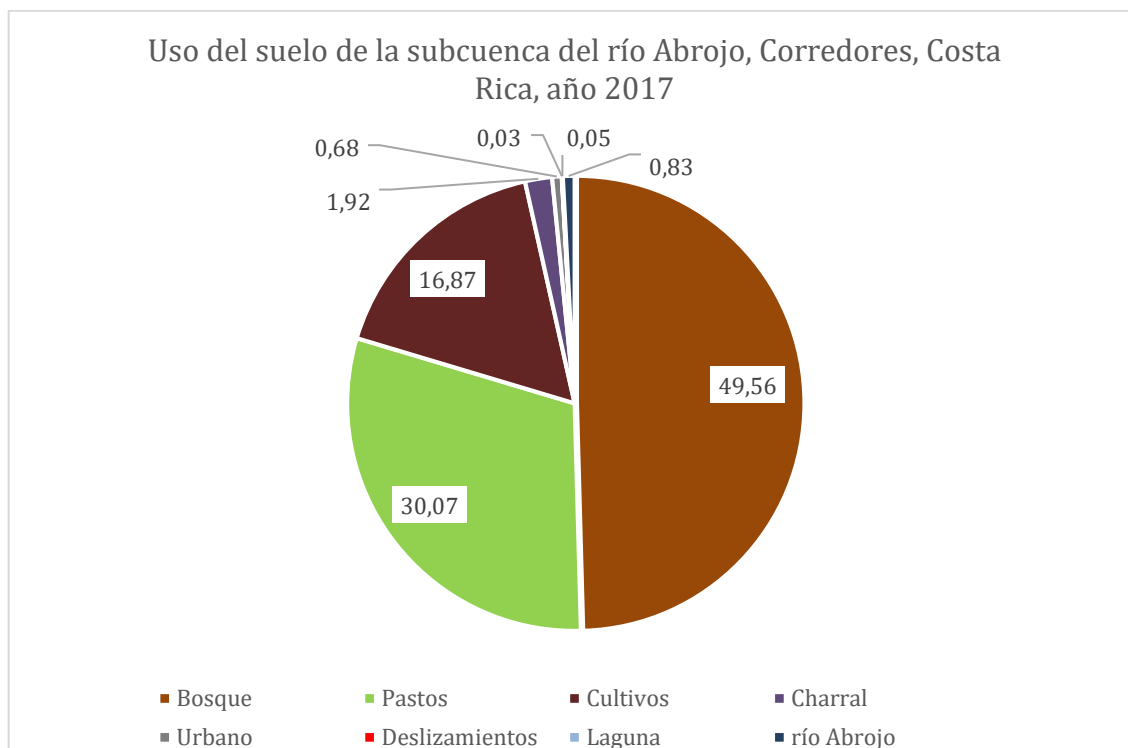


Gráfico 3. Porcentaje del suelo de la subcuenca del río Abrojo

La capacidad de uso es de suma importancia para la planificación de actividades productivas y su desarrollo sostenible con el medio ambiente, la clasificación va determinado las limitaciones y el riesgo de deterioro mediante a los tipos de suelo y su pendiente. La metodología de la capacidad de uso en Costa Rica fue elaborada mediante el decreto

ejecutivo N° 41960-MAG-MINAE, presenta clases y sub clases, que hacen referencia a sus limitaciones.

Solo tenemos cuatro clases en la subcuenca del rio Abrojo, las cuales corresponden con:

- **Clase A**

Corresponden con áreas donde incluyen pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, se encuentran en zonas casi planas, con erosión casi nula, son suelos muy profundos, con altos periodos húmedos y periodos secos muy bajos.

- **Clase VI**

Esta clase son utilizadas para producción forestal, así como cultivos permanentes como café árboles frutales, las limitaciones se presentan cuando hay presencia de terrenos con relieve fuertemente ondulados, con erosión severa, riesgo de inundación moderada.

- **Clase VII**

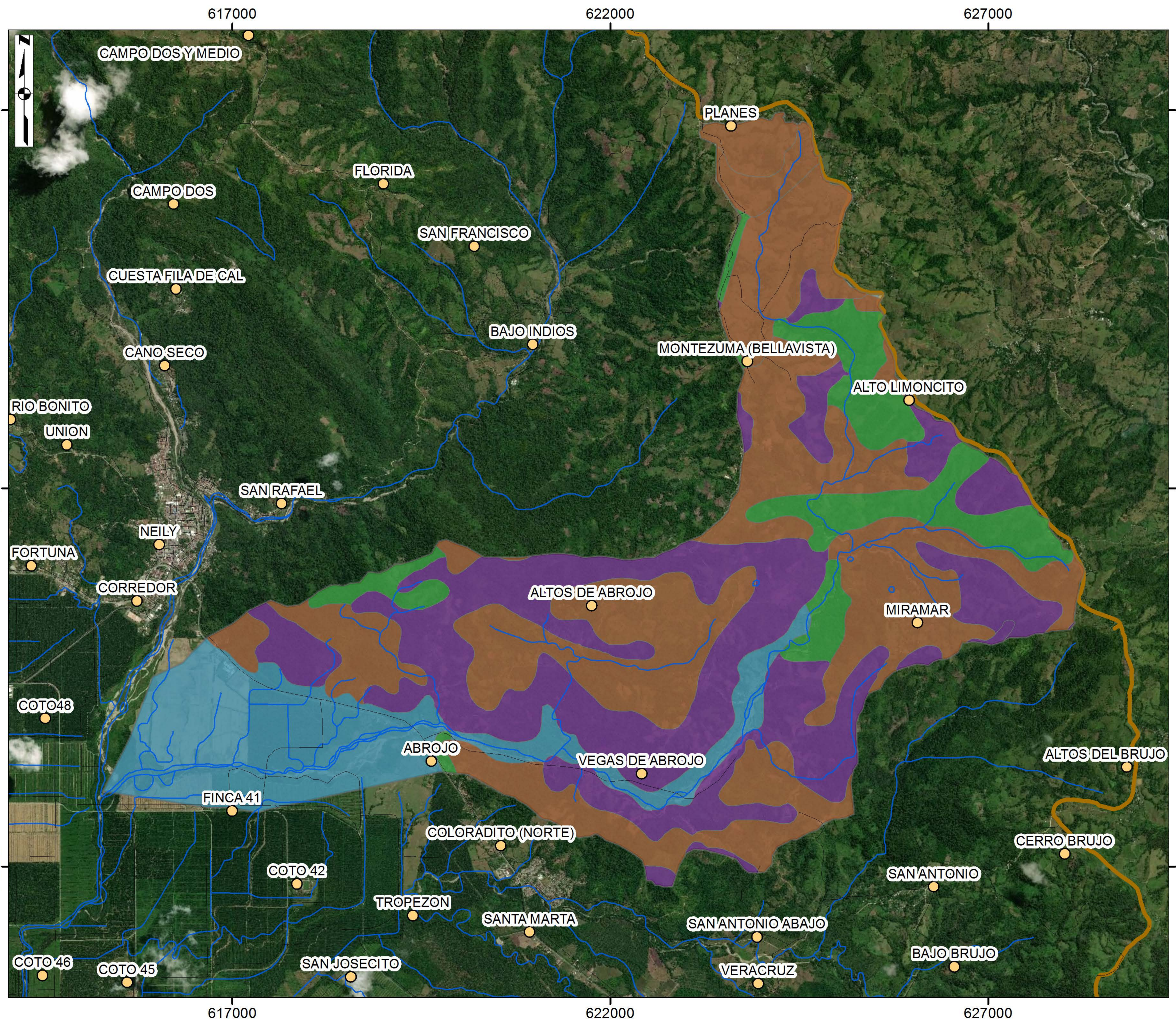
Presentan severas limitaciones, solo se permite el manejo forestal, aquellos sectores donde no hay bosque, se debe procurar la restauración natural, presentan relieve escarpado, erosión severa, suelo con baja fertilidad

- **Clase VIII**

Estos sectores no reúnen las condiciones mínimas para actividades agropecuarias o forestales. Solo tiene una utilidad que es la preservación de la flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética.

En el **Mapa 15** se presenta el mapa de capacidad de uso del suelo elaborado para la subcuenca del río Abrojo.

El conflicto de uso es una herramienta importante para la planificación territorial, donde se utilizan o sobreponen las capas del uso del suelo y la capacidad de Uso. En las cuales, por medio de Software en Sistemas de Información Geográfica, haremos un algebra de mapas donde sobrepondremos ambos mapas o capas y se determinaran aquellas zonas donde su uso se correcto, sobre usado y sub usado.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 15. Capacidad de uso del suelo

Simbología

	Pobladros importantes	Capacidad de Uso	
	Red Vial (150000)	Clase	
	Rios (1 50000)		A
	Subcuenca del Río Abrojo		VI
	Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá		VII
			VIII

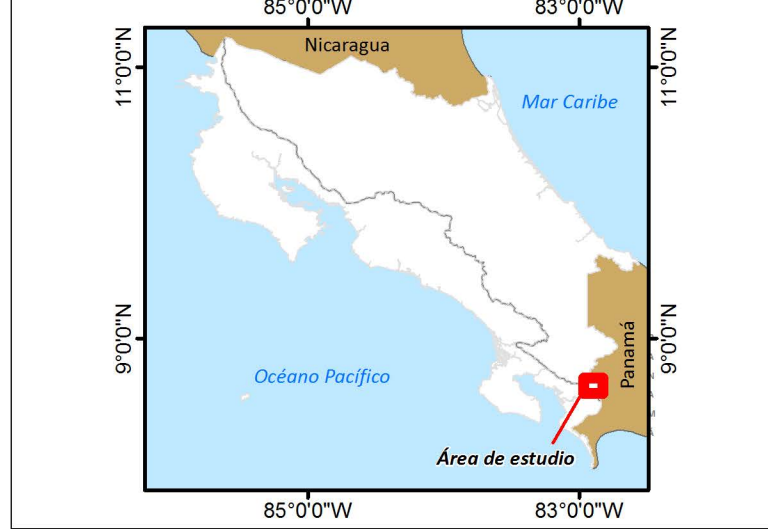
0 800 1,600 3,200 m
1:50,000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Setiembre, 2019
Fuente de datos:
Hoja Cartográfica Canoas y Cañas Gordas (1:50000)
Fundación Neotrópica (Decreto Ejecutivo No. 23214-MAG-MIRENEM)

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECCNIA LTDA.



A continuación, se detallan los criterios considerados para la determinación de los diferentes conflictos de uso de la tierra identificados en la cuenca del río Abrojo (**Cuadro 19**):

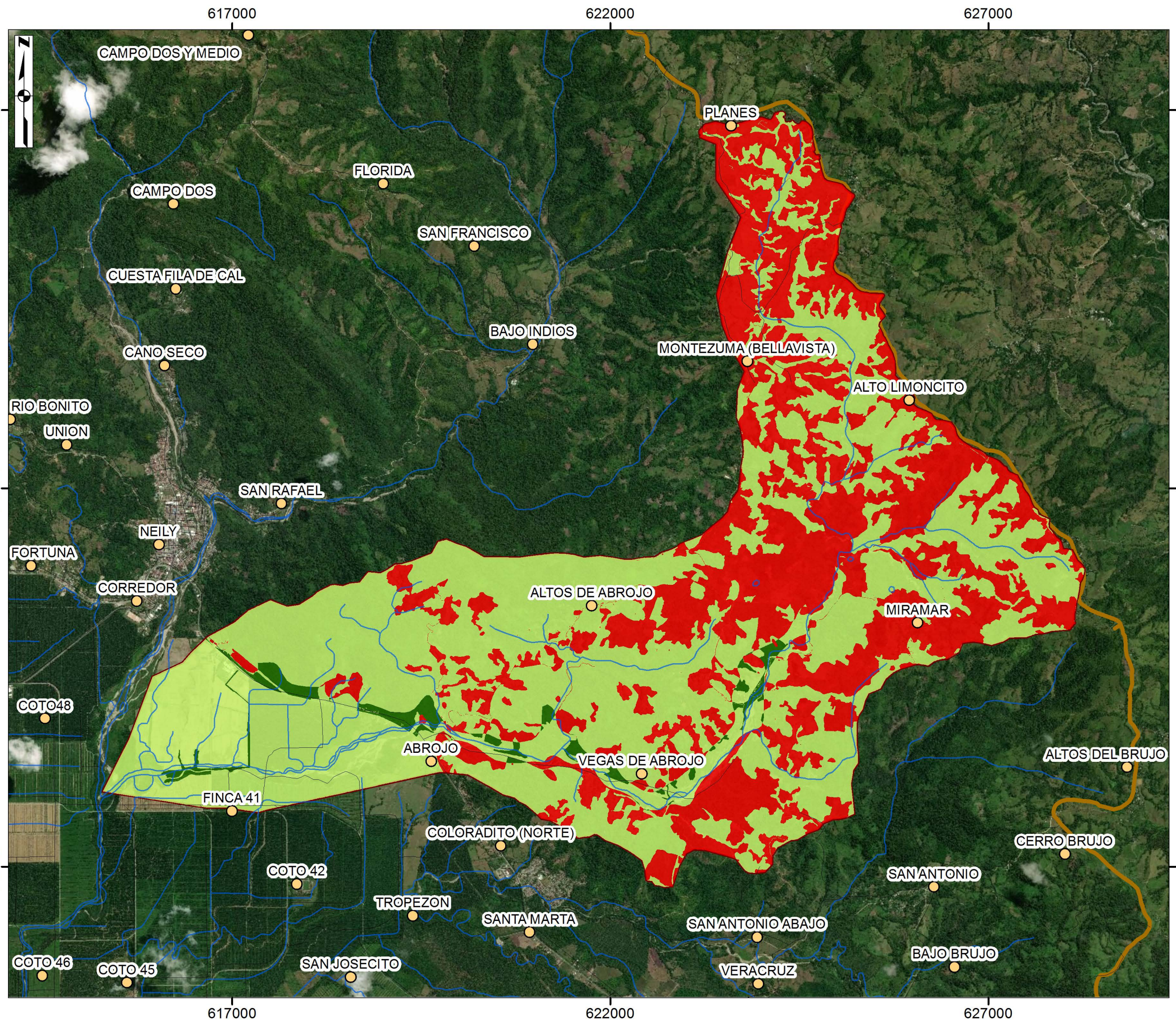
- **Subuso:** con el álgebra de mapas se configura la herramienta que determine aquellas áreas donde su Uso sea Bosque, y en ellas mismas tengan clases A, VI y VII; áreas con pasto que tengan clases A; Áreas Urbanas donde tengan clases A., están en la capacidad de poder desempeñar actividades donde generen un aumento en la tasa de erosión, pero será mínimo su alteración en el medio.
- **Uso Correcto:** donde existan zonas de Bosque y tenga una clasificación de VII, VIII, los cultivos de palma con Clasificación VI, estas zonas solo son donde se aplica la capacidad determinada y en donde habría un equilibrio entre el uso y la tasa de erosión.
- **Sobre Uso:** Pastos, Zonas Urbanas, Cultivos, Charral y deslizamientos donde tengan categorías VI, VII, VII, se determinarán con áreas con altas tasas de erosión.

Cuadro 19. Criterios para la determinación de los diferentes conflictos de uso de la tierra

Subuso	Bosque	A, VI, VII
	Pasto	A
	Urbano	A
Uso correcto	Bosque	VII, VIII
	Cultivos (Palma)	VI
Sobre uso	Pastos	VI, VII, VIII
	Urbano	VI, VII, VII
	Cultivos	VI, VII, VII
	Charral	VI, VII, VII
	Deslizamientos	VI, VII, VII

En el **Mapa 16** se presenta el mapa de conflictos de uso de la tierra elaborado para la subcuenca del río Abrojo.

De acuerdo al análisis espacial realizado, la subcuenca del río Abrojo presenta un subuso en cerca del 2% de su extensión total, muestra uso correcto en un 62% de su territorio y presenta un sobre uso del 36% de su área (**Cuadro 20, Gráfico 4**).



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 16. Conflicto de Uso de la tierra

Simbología

	Pobladros importantes		Sobreuso
	Red Vial		Uso Correcto
	Ríos		Subuso
	Subcuenca del Río Abrojo		
	Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá		

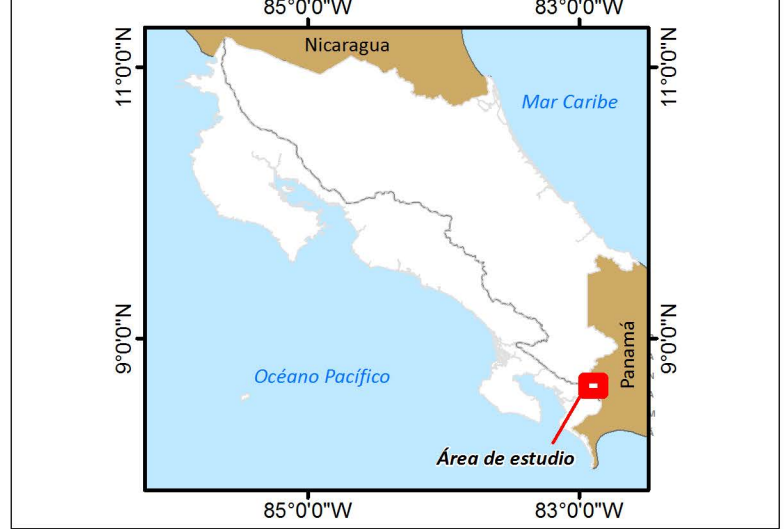
0 800 1,600 3,200 m
1:50,000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019
Fuente de datos:
Hoja Cartográfica Canoas y Cañas Gordas (1:50000)
Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)

Dibujo y diseño cartográfico:
Geóg. Andrey Villalobos Jiménez

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
 HIDROGEOTECCNIA LTDA.



Cuadro 20. Conflictos de uso de la tierra identificados para la subcuenca del río Abrojo

Conflicto de uso	Área (m ²)	Porcentaje de área (%)
Sobre uso	17.433.776	36,3
Uso correcto	29.696.971	61,8
Subuso	929.044	1,9

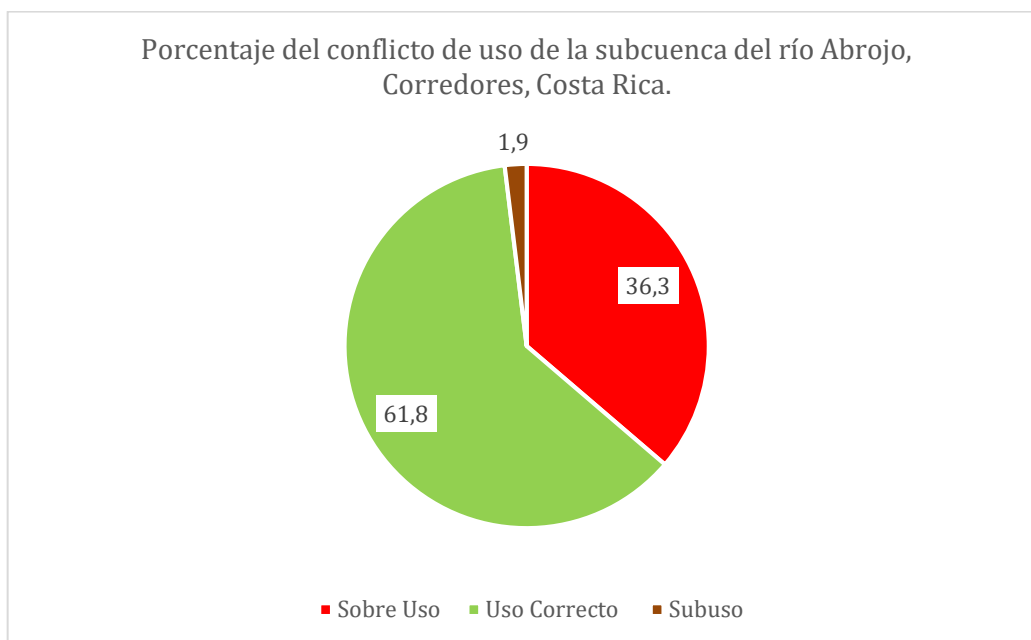


Gráfico 4. Porcentajes de conflicto de uso del suelo para la subcuenca del río Abrojo

En conclusión a pesar de que el sobre uso tiene una tasa del 36.3% y un uso correcto al 61.8%, el 91% del sobre uso se encuentra ubicada en sectores de montaña con altas pendientes, esto ocasiona que se dé una suma inestabilidades del terreno debido a su carga excesiva y desequilibrante que no puede soportar el suelo.

3.2. Registro de eventos críticos

La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres, constituida en 1992, formuló en su Agenda de Investigaciones y Constitución Orgánica que:

"El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el creciente empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de inadecuados sistemas tecnológicos en la construcción de viviendas y en la dotación de la infraestructura básica, e inadecuados sistemas organizacionales, entre otros,

han hecho aumentar continuamente la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de eventos físico-naturales”.

LA RED ha desarrollado una metodología con el fin de proveer a los diversos actores en actividades de prevención y mitigación de desastres (gobiernos y sistemas nacionales de planificación y de atención de emergencias y desastres, organismos regionales y locales de prevención, organismos de socorro, agencias internacionales y bilaterales, empresas de seguros, así como a comunidades organizadas, medios de comunicación, e investigadores), de mejores capacidades para el acopio, procesamiento, análisis y representación homogénea de los desastres, entendidos como los efectos adversos sobre poblaciones, bienes e infraestructura vulnerables por fenómenos socio naturales y naturales.

DesInventar es un desarrollo conceptual y metodológico que permite ver los desastres desde una escala espacial local (municipio o equivalente), que facilita diálogos para la gestión de riesgos entre actores e instituciones y sectores, y con gobiernos provinciales y nacionales; siendo una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres.

Según los datos obtenidos de la base de desastres DesInventar, en los lugares que conforman la unidad geográfica en análisis y las fichas de eventos ocurridos entre 1985 y 2018, se contabilizaron un total de 11 eventos de desastres, los cuales se detallan a continuación.

Cuadro 21. Eventos registrados en la zona de estudio durante el periodo de 1985-2018 (Fuente: La Red 2019)

Fecha de evento	Tipo de evento	Lugar	Observaciones sobre la causa
22/07/2003	Deslizamiento	Montezuma	Deslizamiento provoca daños en carretera y acueducto en comunidad.
03/05/2005	Inundación	El Carmen del Abrojo 100 E de la Asambleas de Dios	Desbordamiento de alcantarillado y río La Vaca.
27/08/2007	Inundación	Miramar	Fuertes lluvias, Comunidad incomunicada desbordamiento de ríos y

			quebradas. Pozo contaminado.
27/08/2007	Inundación	El Carmen de Abrojo	Fuertes lluvias, comunidad incomunicada desbordamiento de ríos y quebradas.
17/10/2007	Deslizamiento	Miramar de Abrojo	Fuertes lluvias, deslizamiento en el paso hacia Miramar de Abrojo; paso cerrado a la comunidad aprox unas 40 familias quedaron incomunicadas.
10/09/2008	Inundación	Abrojo	--
19/10/2011	Inundación	Abrojo	Destrucción del dique.
19/10/2011	Inundación	Abrojo Norte	Fuertes lluvias, puente socavado en sus bases.
16/08/2013	Deslizamiento	Ciudad Neilly, Bajito de Abrojo.	Se reporta 1 vivienda afectada por la caída de un árbol sobre la casa.
30/09/2015	Tormenta eléctrica	Alto Abrojo	Sistema de baja presión y Depresión Tropical No. 12. Un hombre adulto de 59 años, su hijo de 23 y su sobrino de 17 fueron impactados de manera indirecta por un rayo. Los tres resultaron con quemaduras.

3.3. Composición etaria de la población

La definición del área de estudio social, la subcuenca del río Abrojo, entendida como los poblados de Abrojo, Abrojo Norte y Miramar, pertenecientes al distrito de Corredor, cantón de Corredores de Puntarenas.

El nombre de Miramar, palabra compuesta mira-mar, refiere a la posibilidad de observar el mar pacífico desde el punto más alto de la comunidad. Mientras que Abrojo, es una especie de árbol con mucha presencia en la zona.

Para formar el área de estudio en términos estadísticos se utilizan las unidades geoestadísticas mínimas construidas metodológicamente hablando por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2009), el cual las define de la siguiente manera,

“se incorporó un criterio espacial geoestadístico al generar las Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM), las cuales, en términos sencillos, son la representación de la realidad en su menor expresión territorial, siendo todas aquellas cuadras, o bien superficies regulares o irregulares, que se pueden recorrer de forma parcial (al bordearlas por la existencia de un río) o total en el campo” (Fallas, 2013; p. 124).

Cada unidad territorial contiene los datos del Censo Nacional de Vivienda y Población de 2010 (INEC, 2011), es decir, la información social de los habitantes del país, con la cual se realizarán los apartados demográficos y económicos. Para la investigación se utilizarán las 14 UGM pertenecientes al distrito Ciudad Neilly (código 61001), las cuales se muestran a continuación.

Cuadro 22. Subcuenca del río Abrojo. Conformación por unidades geoestadísticas mínimas y comunidad de pertenencia

Distrito	UGM	Comunidad
61001	4817	Miramar
	14690	Miramar
	1387	Abrojo Norte
	11074	Abrojo Norte
	13771	Abrojo Norte
	847	Abrojo
	3124	Abrojo

Distrito	UGM	Comunidad
	12286	Abrojo
	17232	Abrojo
	23847	Abrojo
	28328	Abrojo
	71938	Abrojo
	72838	Las Fincas
	4250	Las Fincas

3.3.1. Datos demográficos

La población total de la subcuenca de río Abrojo es de 1932 personas (INEC, 2011). La distribución por sexo es de 970 hombres y 962 mujeres. De acuerdo con la división por comunidades, la distribución por sectores se muestra en el **Gráfico 5**.

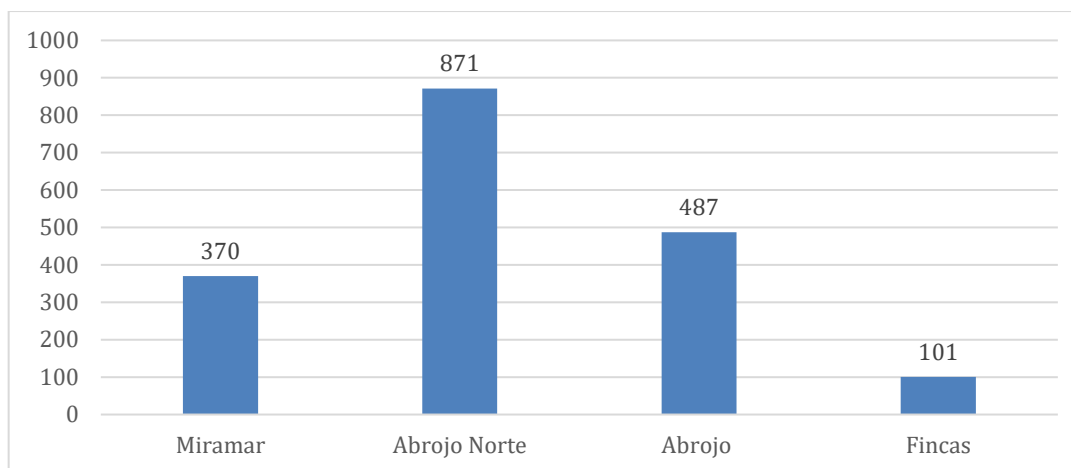


Gráfico 5. Distribución de la población total según comunidad (elaboración propia datos INEC 2011)

En términos de rangos etarios, el comportamiento de las poblaciones residentes se muestra en el **Gráfico 6** en números relativos, donde se observa que la cantidad mayor de personas están en el rango de edad de los 5 a los 39 años.

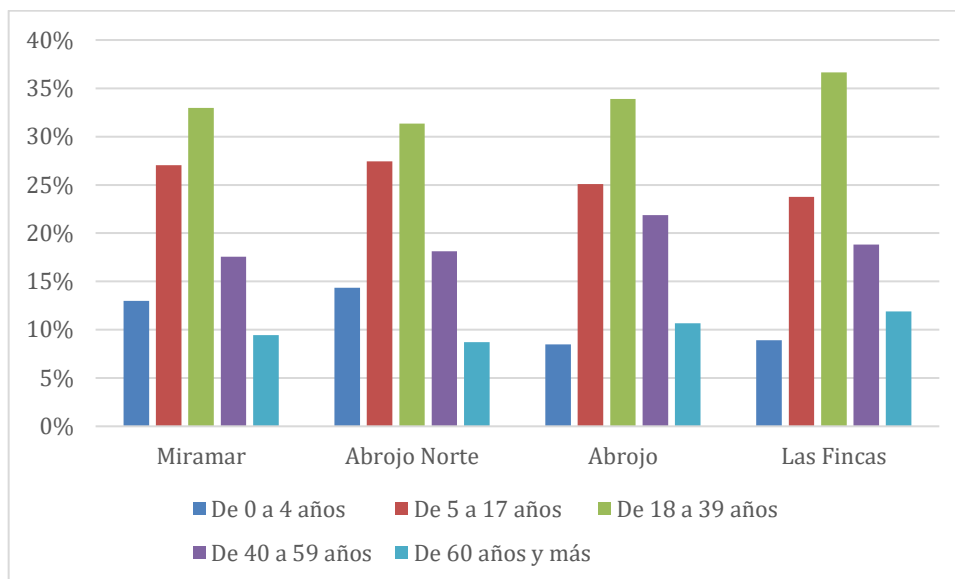


Gráfico 6. Distribución relativa de la población total según comunidad y rango etario (elaboración propia datos INEC 2011)

3.3.2. Distribución geográfica de la población

En cuanto a la distribución de los asentamientos en el territorio, en total se contabilizaron 544 viviendas en el área de la subcuenca del río Abrojo. Cuentan con 3 centros poblacionales definidos, Miramar en la zona alta; Abrojo Norte, en la zona media y más abajo el centro de Abrojo.

A continuación, la distribución del total de las viviendas según comunidad.

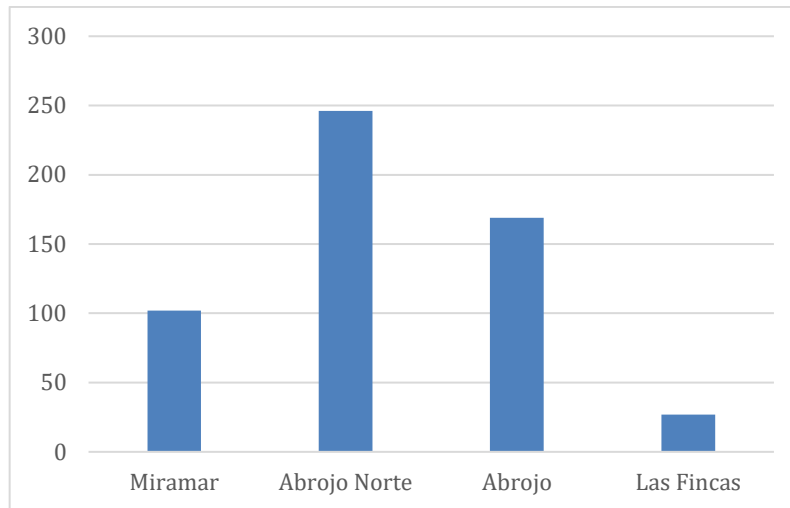


Gráfico 7. Distribución absoluta de viviendas totales según comunidad (elaboración propia datos INEC 2011)

En cuanto a la cantidad de aposentos por vivienda, la distribución total es la siguiente:

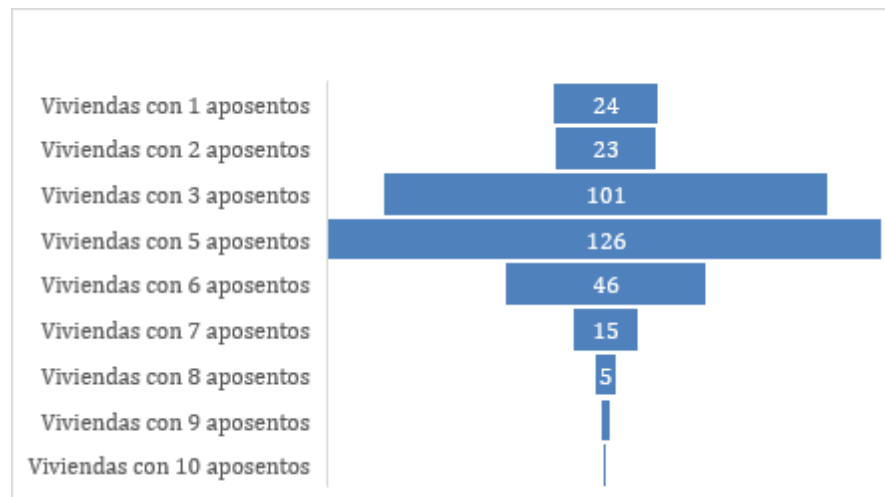


Gráfico 8. Distribución absoluta de viviendas totales según número de aposentos (elaboración propia datos INEC 2011)

De lo anterior es importante rescatar que la mayoría de las viviendas en la zona, tienen entre 3 a 5 aposentos. 61 viviendas, no cuentan con ninguna división, 31 de ellas ubicadas en Abrojo Norte, 22 en Miramar, el resto distribuidas en los otros sitios.

En cuanto al abastecimiento de agua, la mitad de las viviendas utilizan acueducto, mientras que otros utilizan agua proveniente de ríos, quebradas o pozos.

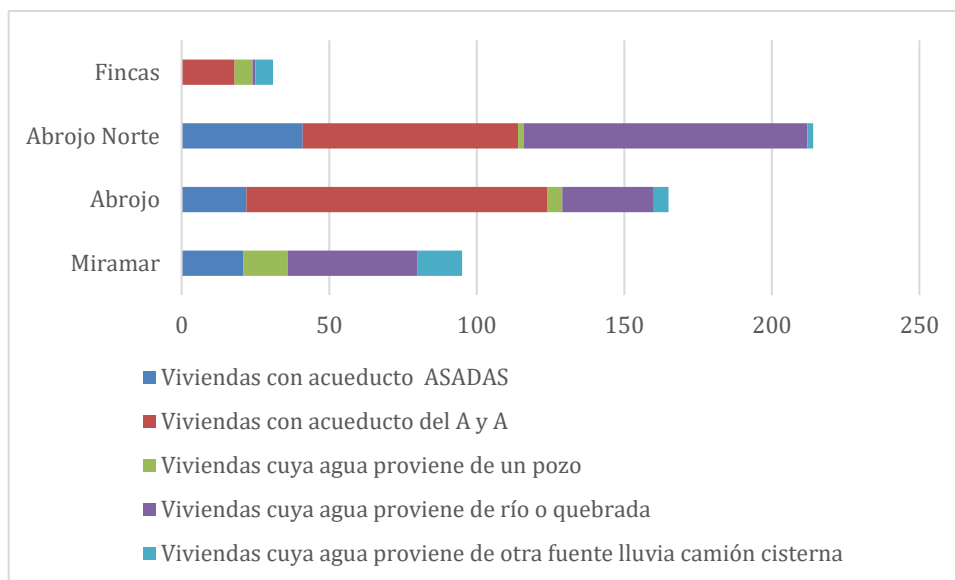


Gráfico 9. Distribución absoluta de viviendas totales según abastecimiento de agua (elaboración propia datos INEC 2011)

3.4. Principales organizaciones sociales del cantón

Se realizó el inventariado de las principales organizaciones del cantón, y para las que están presentes en la cuenca del río Abrojo, se incluyen los siguientes criterios: año de creación, forma de administración, áreas de acción social actual, número de miembros, tipo de relaciones o vínculos con la municipalidad, proyectos, recursos materiales y cualquier otra información que se considere necesaria (**Cuadro 23**).

Cuadro 23. Organizaciones presentes en el cantón de Corredores

Organización	Nombre
Unión Cantonal	Unión Cantonal de Corredores
Federaciones	Federación Cantonal de Corredores
Asociaciones de desarrollo	Abrojo de Corredores, Guayabi, Argentina de Corredores, Caracol de Corredores, Ciudad Neily, la Cuesta, Naranjo, Colorado, Abrojo Montezuma, Pueblo Nuevo de Corredores, Paso Canoas, Laurel, Campo dos y medio, Altos de San Antonio, Carmen, Colonia la Libertad, Nueva Luz de Corredores, Palma de Paso Canoas, Conte Burica, Colonia la Libertad, Colonia la Libertad, Palma de Paso Canoas, Rio Bonito de Corredores, Ciudadela de Río Nuevo de Ciudad Neily, 22 De Octubre Y La Cartonera, Caracol de Laurel, Pro Cencinai y Bienestar Comunal la Cuesta, Pro Cencinai y Bienestar Comunal de Laurel, Pro Cencinai y Bienestar Comunal San Jorge, Pro Cencinai y Bienestar Comunal Ciudad Neily, Pro vivienda de Barrio la China
Otras asociaciones	Asociación Casa de Ancianos de Ciudad Neilly, Asociación de Adultos Mayores, Asociación Hogares Crea, Paso Canoas, Asociación Reciclando Esperanzas Ciudad Neilly, ASTRASUR
Grupos de Taxistas	Asociación de Taxistas Públicos de Ciudad Neilly, Asociación de Taxistas Públicos de Paso Canoas, Asociación de Taxistas Públicos de Laurel,
Comités	Comité Cantonal de la Persona Joven de Corredores, Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Corredores, Comité Cívico de Paso Canoas
Comisiones	Comisión Municipal de Emergencias, Comisión de Accesibilidad Municipal, Comisión de Turismo Municipal.
Cámaras	Cámara de Ganaderos Independientes del Sur
Cooperativas	Cooperativa Coopeagropal R.L., Cooperativa Coopetrabatur R.L., Cooperativa Coopersersur R.L., Cooperativa Coopenae R.L., Cooperativa Coopealianza R.L, Cooperativa Coopeservidores R.L

Cabe resaltar que en Miramar de Abrojo no existe organización formal. Mientras que las organizaciones identificadas para el resto de la cuenca son las siguientes:

Cuadro 24. Organizaciones presentes en la cuenca del río Abrojo

Nombre	Año de creación	Administración	Área de acción	Número de miembros de directiva	Vínculos con la municipalidad	Experiencia en manejo de emergencias	Recursos humano y material
Asociación de desarrollo de Abrojo	1974	Directiva y Asamblea de socios	Abrojo, Abrojo Norte y Miramar	8	Alto	Alta	Dos centros comunales y dos plazas de fútbol
Asada de Abrojo Norte	2003	Directiva y Asamblea de socios	Abrojo Norte	7	Alto	Media	Toma, tanque y red de acueducto
Comisión Municipal de Emergencias	1993	Grupo de acción	Corredores	23	Muy alto	Muy alta	

3.5. Principales actividades económicas del entorno

Dos principales actividades económicas identificadas son el cultivo de Palma (*Elaeis guineensis*) y la ganadería de baja escala. Así como cultivos de subsistencia, como maíz, frijol y otras.

Cuadro 25. Características de la palma africana (fuente FAO 2001)

Familia: Arecaceae
Tipo: palmera
Origen: África tropical
Color: flores blancas amarillas
Siembra: si

Corte: no
Plantación: primavera
Floración: todo el año de forma intermitente
Altura: 15 a 18 m.

El cultivo de la palma aceitera es una fuente de empleo e ingresos para zonas que usualmente son carentes de oportunidades. Pero algunas comunidades rurales hasta ahora no han podido beneficiarse de la dinámica de desarrollo.

El aceite de palma utilizado como aceite de cocina y utilizado en la dieta (margarina, papas fritas, salsas, helados, confitería, sopas, pasteles industriales, etc.) contiene alrededor del 40% de ácido palmítico (FAO, 2001) que puede aumentar el riesgo de enfermedad cardiovascular, ya que promueve los depósitos de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos.

El aceite de palma también se usa ampliamente en la industria (cosméticos, tintas, resinas, ésteres metílicos), así como para producir *bio*-energía o servir como agrocombustible.

El aceite de palma es rojo, se extrae de la pulpa de la fruta, mientras que el aceite de almendra de palma, para los mismos usos, es blanco, extraído de semillas llamadas almendras de palma. También se elabora un vino de palma con la savia de la palmera.

En cuanto a la producción y rendimiento de la palma en el cantón para 2008, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Cuadro 26. Producción y rendimiento del cultivo de palma en el cantón de Corredores según área de cultivo, rendimiento (tonelada por hectárea), producción anual y número de productores al año 2008

Cantón	Hectáreas	Rendimientos (TM/ H)	Producción Anual (TM)	Productores
Corredores	14790	27	399.330	751

En cuanto a la distribución de la población según situación de ocupación (Ocupado/ desempleado/ busco por primera vez), a continuación, se representa en la de acuerdo con la comunidad.

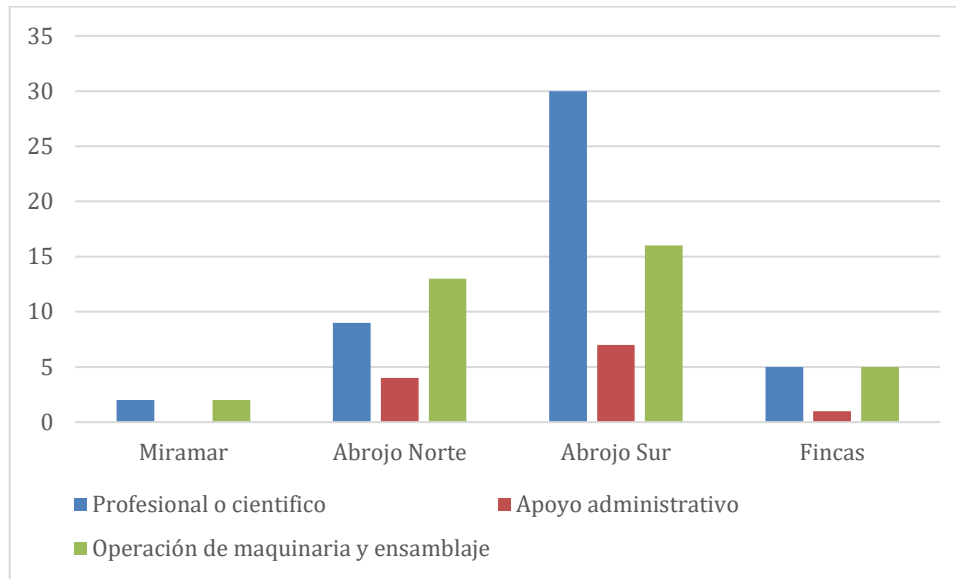


Gráfico 10. Distribución de la PEA según comunidad

De acuerdo con estos datos, la mayor cantidad de gente en edad de trabajar en la zona está ocupada, la mayor parte gracias a la vocación agrícola de las comunidades.

En cuanto a la población económicamente inactiva, es decir, rentistas, estudiantes, personas dedicadas a labores domésticas, pensionados; la distribución según comunidad es la siguiente:

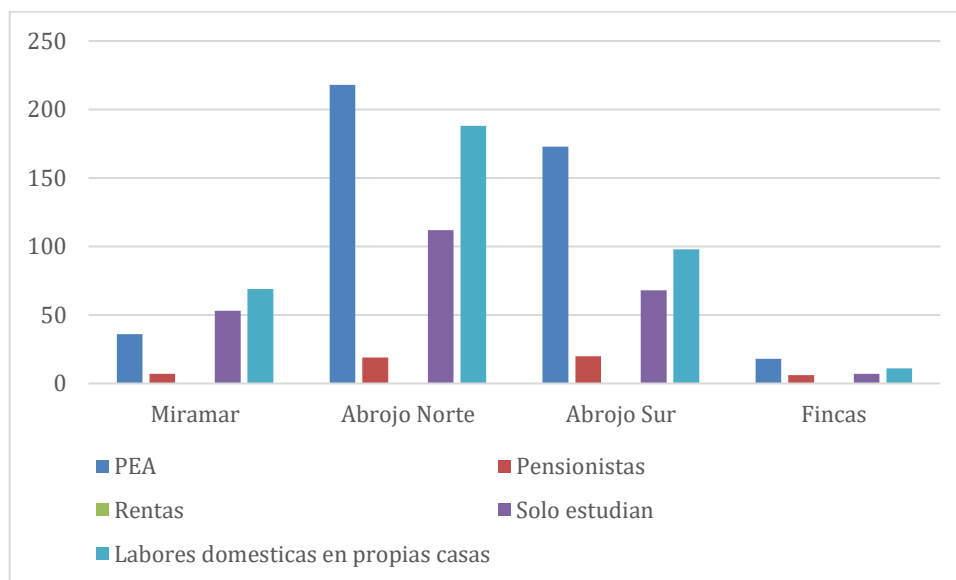


Gráfico 11. Comparativo de la PEA con la distribución de la PEI

De acuerdo con estos resultados, las personas con labores domésticas es el segundo grupo en importancia de la zona. Un grado más abajo, en cantidad de personas, se encuentran los estudiantes.

Finalmente, la distribución de la población económicamente activa, de acuerdo con la rama de actividad que desempeña según comunidad es la siguiente.

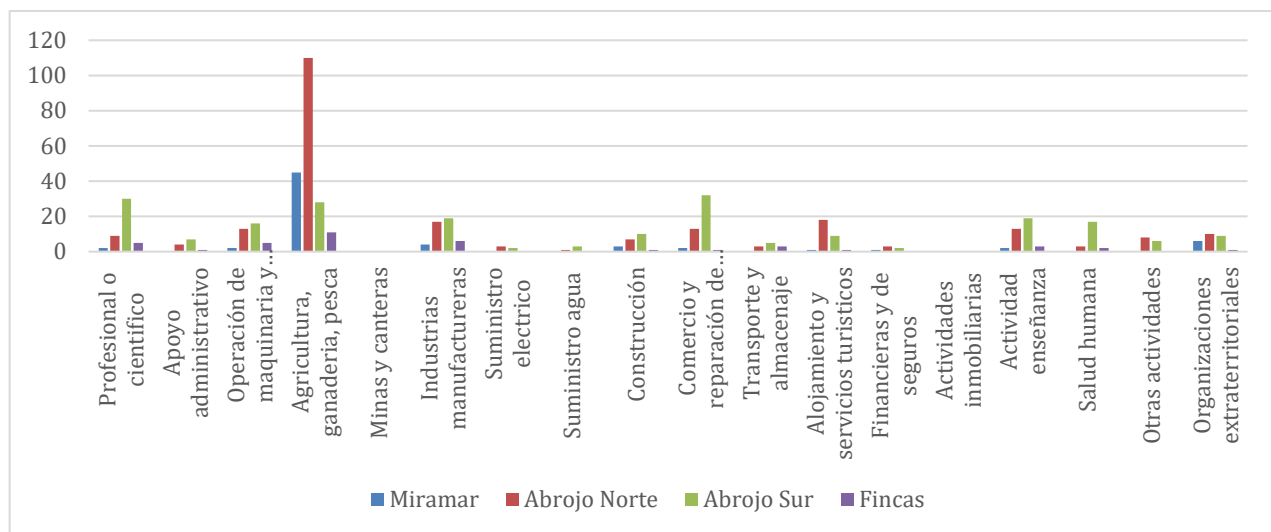


Gráfico 12. Distribución de la PEA según rama de la actividad

Se observa que la mayor cantidad de población está ubicada en la actividad de agricultura y ganadería, y con algunos casos como comercio, actividades de enseñanza y profesionales en Abrojo Sur.

3.6. Infraestructura comunal expuesta ante amenaza

Como parte del análisis de las amenazas de la subcuenca del río Abrojo se analiza la infraestructura comunal y hogares que podría ser afectada por un flujo de lodo causado por el represamiento y posterior liberación del deslizamiento de la laguna de Abrojo y por movimientos de tierra en la zona identificada como más inestable a partir de las evidencias morfológicas observadas en el campo.

Entre las principales estructuras están los puentes que cruzan el río Abrojo y que corresponden con elementos vitales para la atención de emergencias y con su afectación se cortarían el tránsito a la parte alta de la cuenca. Otra infraestructura relevante es el camino que conecta la ruta nacional 2 con los pueblos de Abrojo, Miramar, Las Vegas de Abrojo y Altos de Abrojo,

ya que en tramos este camino corre paralelo y casi al mismo nivel que el río Abrojo. En caso de un flujo de lodo este camino se vería afectado dificultando el traslado o evacuación de las poblaciones en cuestión. Asociados a estos elementos están todos los servicios públicos esenciales que recorren paralelo al camino y puentes.

En el sector de Miramar hay evidencias de desplazamientos y cárcavas, en este sector ya hubo afectación de estructuras relacionadas con el acueducto local, por lo que más afectaciones en este sentido se podrían esperar. La escuela de Miramar podría ser afectada por asentamientos diferenciales del terreno ante movimientos asociados a deslizamientos ubicados pendiente abajo. En el poblado de las Vegas de Abrojo existen evidencias de afectaciones a la antigua escuela por crecidas del río Abrojo, esta estructura fue reubicada, pero toda la zona está en el valle de inundación del río Abrojo por lo que ante eventos extremos habrá afectaciones que pueden variar de intensidad dependiendo del evento y su magnitud. En este sector de las Vegas de Abrojo también se encuentra vulnerable las oficinas de la ASADA y el salón comunal de la Asociación de Desarrollo de Abrojo.

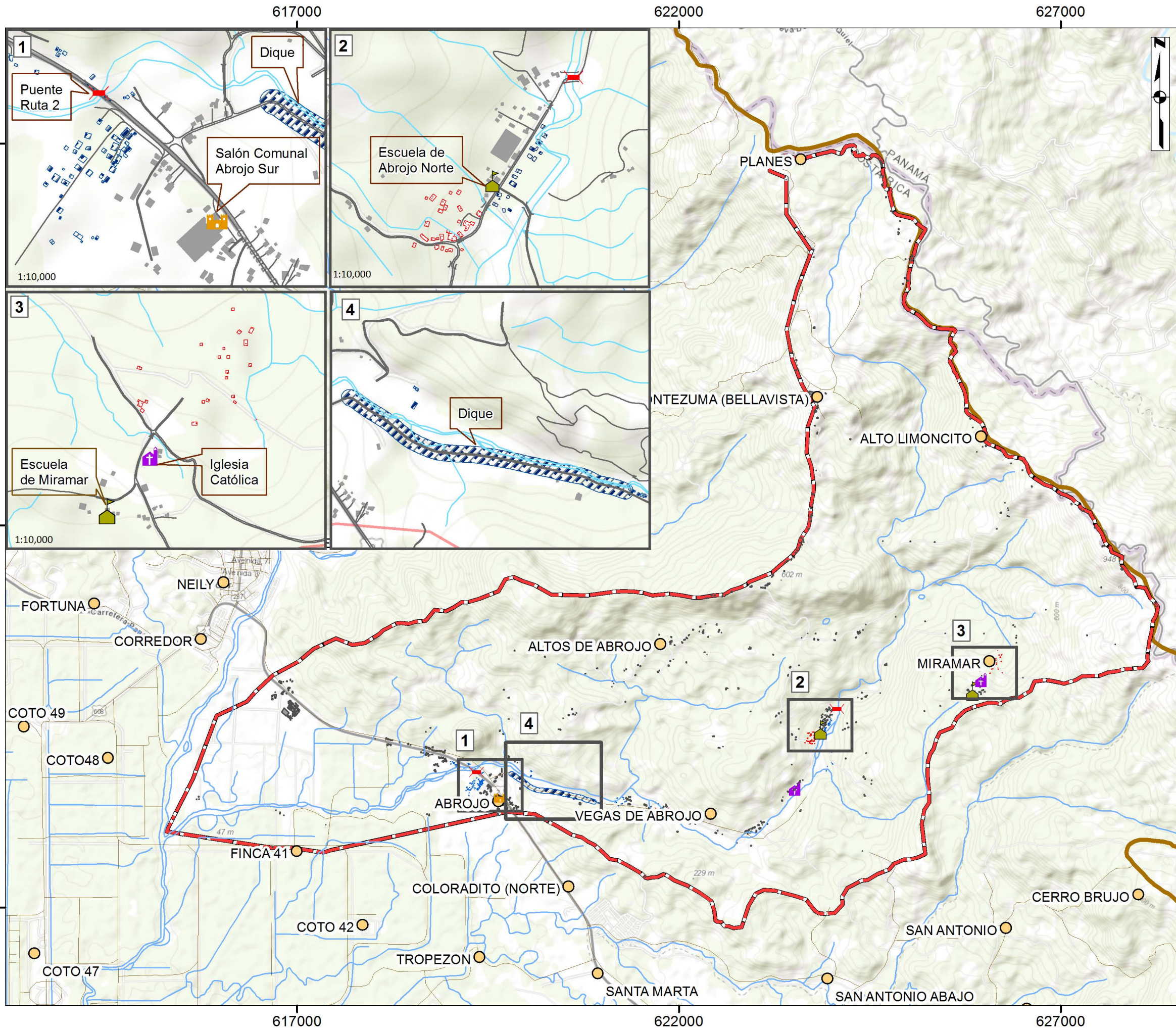
En Miramar la exposición al deslizamiento es alto aproximadamente 15 estructuras están expuestas, en abrojo Norte las viviendas que se ubican en su mayoría a la margen derecha del río están expuestas a inundación aproximadamente 19 estructuras, también existe alrededor de 18 estructuras cerca del cruce que conlleva a Montezuma que se encuentran encima de movimientos de material. En Abrojo Sur 15 estructuras se ubican muy cerca del cauce, están expuestas a posibles inundaciones.

De acuerdo con trabajo de campo se identificaron las siguientes infraestructuras de mayor exposición a amenazas (**Cuadro 27, Mapa 17**).

Cuadro 27. Identificación de infraestructura comunal expuesta a la amenaza

Infraestructura comunal	Comunidad	Exposición / Tipo de amenaza
Iglesia cristiana	Miramar	Alta- deslizamiento
Camino tramo Miramar-Abrojo	Miramar	Alta- socavación, caída de árboles o tendido eléctrico
Puente tramo Miramar-Abrojo	Miramar-Abrojo Norte	Alta - deslizamiento
Camino Abrojo-TI Abrojo Montezuma	Abrojo Norte	Medio- deslizamiento
Naciente y tanque Asada Abrojo Norte	Abrojo Norte	Alta- deslizamiento

Dique	Abrojo Sur	Medio- inundación
Puente en Carretera interamericana	Abrojo Sur	Alto- deslizamiento



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 17. Infraestructura Expuesta a Amenaza

- #### Simbología
- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Poblados importantes | Amenaza |
| Red Vial (150000) | Fuera de Zona de Riesgo |
| Ríos (150000) | Por deslizamiento |
| Subcuenca del Río Abrojo | Por inundación |
| Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá | |

- #### Estructuras importantes
- | |
|---------------|
| Escuela |
| Iglesia |
| Puente |
| Salón Comunal |

0 750 1,500 3,000 m
1:50,000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
Hoja Cartográfica Canoas y Cañas Gordas (1:50000)

Dibujo y diseño cartográfico:
Geógr. Andrey Villalobos Jiménez

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



3.7. Análisis de la percepción comunal del riesgo

3.7.1. Mapas de percepción

El objetivo es el estudio de la percepción comunal del riesgo en Miramar y Abrojo que contenga un conjunto de propuestas estratégicas definidas por medio de la realización de una serie de talleres con una participación amplia de los actores de la zona.

Con la invitación de los diferentes sectores comunales que se ejecutan dos talleres de acuerdo con la siguiente distribución:

Cuadro 28. Mapeo de distribución por sedes para talleres participativos

Número de taller	Sede	Comunidad	Fecha y hora
1	Iglesia Cuadrangular	Miramar	Sábado 19 de octubre, 9:00 a.m.
2	Salón Comunal de Abrojo	Abrojo Norte y Sur	Domingo 20 de octubre, 1: 00 p.m.

El trabajo previo a los talleres se realizó los primeros días del mes de octubre en la zona de estudio. El mismo constó de varias actividades de acercamiento: 1) reconocimiento de la zona, 2) entrevistas informales con diferentes actores, 3) reunión con Asociación de Desarrollo de Abrojo, 4) visita a dirigentes específicos.

Esta etapa previa sirvió para realizar la presentación del equipo consultor, presentar los objetivos y metas del trabajo en general, explicar el enfoque sobre el cual se trabajará en los talleres, y definir la fecha y los participantes de ambos talleres.

Para cada taller el equipo consultor organiza la logística, prepara los materiales a utilizar y a entregar, y detalla la metodología a seguir.

Se realizó una reunión inicial en el salón comunal de Abrojo con los miembros de la asociación de desarrollo de Abrojo. Asimismo, se visitaron los dirigentes comunales de Abrojo Norte y Miramar con el objetivo de realizar la presentación del equipo, hacer una justificación del trabajo, consensuar una fecha para la realización de los talleres y responder algunas dudas al respecto.

Todas estas líneas de acción se detallan en este informe de avance, en los apartados siguientes.

3.7.2. Metodología de los talleres

El mapeo participativo es un proceso de referenciar en el espacio para resaltar la asociación entre la tierra y la gente local utilizando el conocido y reconocido lenguaje propio del sitio.

Al igual que con cualquier tipo de mapa, los mapas participativos, representan información espacial a diferentes escalas. En particular, pueden mostrar información detallada sobre el trazado y la infraestructura de las comunidades (quebradas, carreteras, transporte o la ubicación de elementos específicos, etc.). También pueden ayudar a representar un gran espacio (todas las áreas de uso tradicional de una comunidad, con información sobre la distribución de los recursos naturales y los límites territoriales, etc.).

Los mapas participativos no son sólo para presentar información sobre las características geográficas, sino que también pueden ilustrar importantes conocimientos sociales, culturales e históricos, como la información sobre el uso de la tierra y la mitología, así como la demografía, los grupos etnolingüística, tendencias sanitarias y distribución de la flora, fauna y otros.

Los mapas participativos están demostrando ser un vehículo eficaz, legítimo y exitoso para demostrar a organizaciones externas cómo una comunidad evalúa, entiende e interactúa con sus tierras tradicionales y su entorno inmediato. Los mapas representan información compleja en un formato fácilmente comprensible y accesible, permitiendo a grupos cuyo idioma, cultura, valores relacionados con la tierra y visión para comunicarse fácilmente y entender la información presentada.

El desarrollo de un mapa también puede centrar el debate en reconocer fortalezas, preocupaciones y problemas dentro de la comunidad. Estos debates pueden crear conciencia sobre las cuestiones ambientales locales y regionales o fortalecer la capacidad de la comunidad para administrar y proteger la tierra. Durante estas discusiones, una comunidad puede formular un entendimiento común, por ejemplo, en situaciones de riesgo asociadas a eventos naturales que históricamente han transformado su entorno.

Para trabajar el tema de riesgo en Abrojo se utilizó el Mapeo participativo con mapas e imágenes a escala.

Descripción: El conocimiento local se identifica a través de conversaciones y se reproduce directamente en un mapa fotocopiado. La posición de las características se determina dependiendo de su ubicación en relación con los puntos de referencia naturales (cursos de

agua, montañas, lagos, etc.). Este método se utiliza generalmente cuando hay mapas de escala precisos y económicos disponibles.

Este método funciona igual de bien con imágenes aéreas o satelitales, lo que es muy útil cuando se trabaja con personas y comunidades no acostumbradas al uso de mapas.

Usos: Las técnicas de mapeo de escala son un formato adecuado para comunicar información responsable de la toma de decisiones porque respetan las convenciones oficiales de cartografía (sistemas de coordenadas, proyecciones, etc.).

Para el caso de esta investigación, se utilizó el mapa de la cuenca del Río Abrojo, con escala 1:50000, donde se ubicaron espacialmente las comunidades, principales ríos, otros aspectos de referencia para los participantes.

Durante cada uno de los talleres se siguieron los siguientes pasos:

a. Presentación

Se realizó una breve presentación del trabajo en general, de la empresa consultora, de los consultores presentes, los participantes y la agenda del día.

b. Preparación de los participantes para la actividad del mapeo en general

Antes de iniciar una actividad de mapeo como tal, se presentó a los participantes del taller, qué es el mapeo participativo (por qué hacer mapas, qué es un mapa, que se utiliza para ellos y para qué propósito), las herramientas disponibles (el mapa impreso, los marcadores y la disponibilidad de realizar preguntas en el momento), requisitos (tiempo y orden) y usos potenciales del mapa final.

c. Definición de los objetivos del proceso de mapeo de riesgo

Es importante que los miembros de taller comprendan desde el principio el objetivo u objetivos del proceso de mapeo y cómo usarlo para resolver problemas de la comunidad. Este es un paso fundamental en los resultados de mapeo participativo, que determinará la información que contendrá.

Para lograr este paso se realizó una introducción al enfoque de gestión de riesgo, del cual partimos para la realización del ejercicio, donde se habla de las amenazas, las vulnerabilidades, la importancia de la prevención tanto individual como comunal, la importancia del conocimiento histórico y actual del territorio donde viven y la importancia de que todo este conjunto quede representado en el mapa.

Asimismo, se utilizaron las siguientes definiciones:

a. ¿Qué es un mapa de percepción de riesgos?

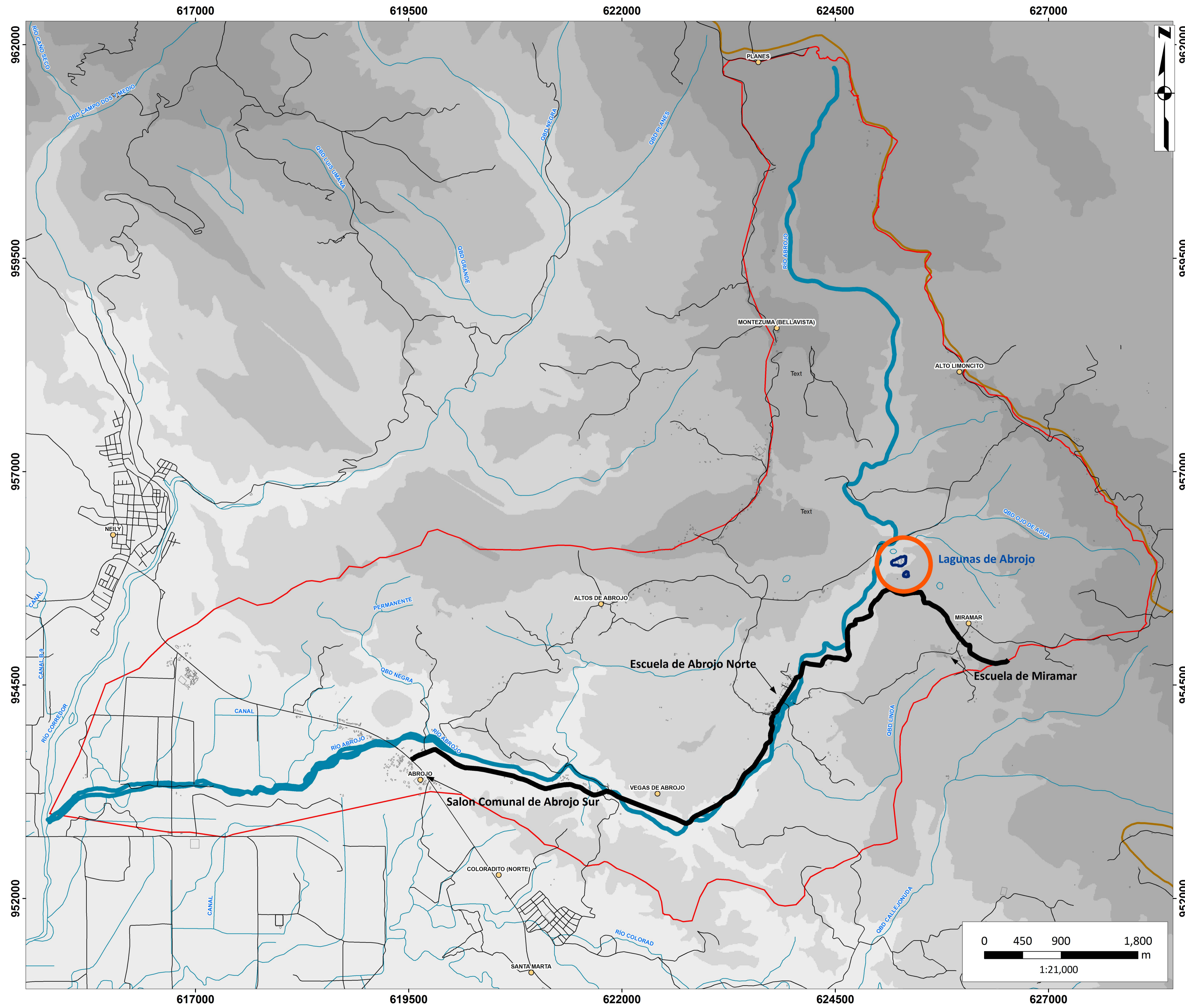
Es una representación sobre el papel de las características de la comunidad, tales como ubicación de viviendas u obras de infraestructura que podrían sufrir daño si ocurriera una inundación, terremoto, deslizamiento de tierra o cualquier otro tipo de emergencia, los recursos disponibles, áreas de refugio, etc. (OEA, 1991)

b. ¿Para qué sirve el mapa de riesgos?

- Sirve para conocer e identificar los peligros y amenazas que tenemos.
- Nos permite ubicar donde están las personas vulnerables a estos peligros.
- El mapa da a la comunidad y a las autoridades herramientas para tomar decisiones en el momento de la atención y también medidas de prevención (OEA, 1991).



Figura 13. Introducción a los conceptos de amenaza, vulnerabilidad, riesgo, prevención y seguimiento con alusión a la actividad cotidiana



Comisión Nacional de Prevención de Riesgos
y Atención de Emergencias
(C.N.E)

"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la
implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra
en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo,
Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 18. Talleres de trabajo con comunidades

Grupo Número: _____

Integrantes: _____

Simbología

- Poblados importantes
- Calles
- Ruta Zona de Estudio
- Ríos
- Río Abrojo
- Laguna de Abrojo
- Urbano
- Subcuenca del Río Abrojo
- Limite Fronterizo Costa Rica-Panamá

Metros sobre el Nivel del mar

- 7 - 120
- 121 - 290
- 291 - 490
- 491 - 715
- 716 - 1 027



Para iniciar el ejercicio del mapeo se leyeron y comentaron estas preguntas de orientación, las mismas se utilizan para estructurar los resultados:

- ¿Qué terrenos de la comunidad podrían inundarse si ocurriera un temporal intenso?
- ¿Cuáles han sido los terrenos que históricamente se han inundado en la comunidad en situaciones similares?
- ¿El río podría salirse del cauce? ¿En qué zona o área? ¿Hay casas en esta zona?: número, tipo de viviendas, animales domésticos, etc.
- ¿Qué terrenos podrían provocar una "cabeza de agua", como producto de un desprendimiento, deslizamiento, etc.? ¿Hay casas, familias, cultivos, etc. que podrían ser afectados directamente?
- ¿Qué casas o barrios de la comunidad podrían verse afectados en caso de un evento natural?
- ¿Qué obras, tales como puentes, muros, carreteras, edificios, etc, podrían ser afectados?
- ¿Existe el riesgo de quedar incomunicados en caso de ruptura de la carretera o del puente que comunica con otra zona?
- ¿Dónde consideran que existe mayor riesgo de sufrir un impacto adverso como producto de una inundación?
- ¿Cuál es la participación institucional (Municipalidad, Comisión de Emergencias, Instituto Costarricense de Electricidad, Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud, otros) en la comunidad con respecto al tema del riesgo u otras problemáticas?

d. Elaboración del mapa comunal de riesgo

En este punto, los miembros de la comunidad deben poder agregar, eliminar o modificar la información en el mapa de acuerdo con su experiencia, conocimiento del entorno y las preguntas orientadores. Las personas tienen en la mesa el mapa impreso, los marcadores y hojas en blanco, y realizan el ejercicio.

- e. Mesa de dialogo acerca de las fortalezas y debilidades de la comunidad frente a las amenazas

En este punto, el moderador del equipo consultor realiza una mesa de dialogo con los participantes, que utilizando el mapa de riesgo como referente hablan acerca de las fortalezas y debilidades de la comunidad, como unidad territorial, para hacerle frente a sus amenazas identificadas.

Una mesa de diálogo coloca actores y actoras diversas en un mismo lugar, para que reflexionen sobre un tema específico.

3.7.3. Asistencia a los talleres

Se convocaron los dos talleres realizados mediante la visita a casa u organización según sea el caso. Los invitados a participar en este proceso fueron:

- Sector comunal (ASADAS, ADI, grupos comunales organizados, actores interesados).
- Sector municipal (Municipalidad de Corredores).

Para cada taller de consulta no se definió un cupo mínimo, teniéndose como meta la participación de al menos 10 personas. Cada taller, contó, además, con la presencia del Equipo Consultor, que consistió en 3 personas. En el **Anexo 1** se incluyen las listas de participación para cada uno de los talleres realizados. En el **Anexo 2** se presenta un registro fotográfico de los talleres por comunidad.

Para el proceso de invitación, se construyó a partir de listas facilitadas al equipo consultor por diversas instituciones y líderes comunales.

3.7.4. Metodología de los talleres

El trabajo previo a los talleres se realizó los primeros días del mes de octubre en la zona de estudio. Inicialmente se contactó vía telefónica con las autoridades de la Municipalidad de Corredores, especialmente se contó con la colaboración del Vicealcalde Sr. Yeison Hay.

Las actividades de acercamiento en campo: 1) reconocimiento de las comunidades y su entorno, 2) entrevistas informales con diferentes actores, entre ellos con el Alcalde de Corredores, 3) reunión con Asociación de Desarrollo de Abrojo, donde participo el Vicealcalde de Corredores y el Sr. Julio Madrigal, funcionario de la Comisión Nacional de Emergencias, 4) visita a dirigentes específicos como presidente de la Asada Abrojo Norte, el dirigente de la Junta de Salud y de la Junta de Educación.

3.7.4.1. Taller de Miramar

Composición del taller

El taller se llevó a cabo en el salón de la iglesia Cuadrangular de Miramar con la participación de 8 personas; 3 mujeres y 5 hombres.

En esta comunidad no existen organizaciones formales, por lo que se la solicito al Sr. Benito Víquez, dirigente comunal, que convocará a quienes estuvieran interesados en el tema y que pertenecieran a la comunidad.

Observaciones

En las etapas de preparación de los participantes para la actividad y definición de los objetivos del proceso de mapeo se comprendieron bien los objetivos, conceptos y preguntas orientadoras.

Sin embargo, en el momento de la elaboración del mapa, el instrumento cartográfico no tuvo aceptación de los participantes por lo que el moderador se encargó de escribirlo, de acuerdo con los comentarios del grupo.

Identificación de amenazas mediante el mapa

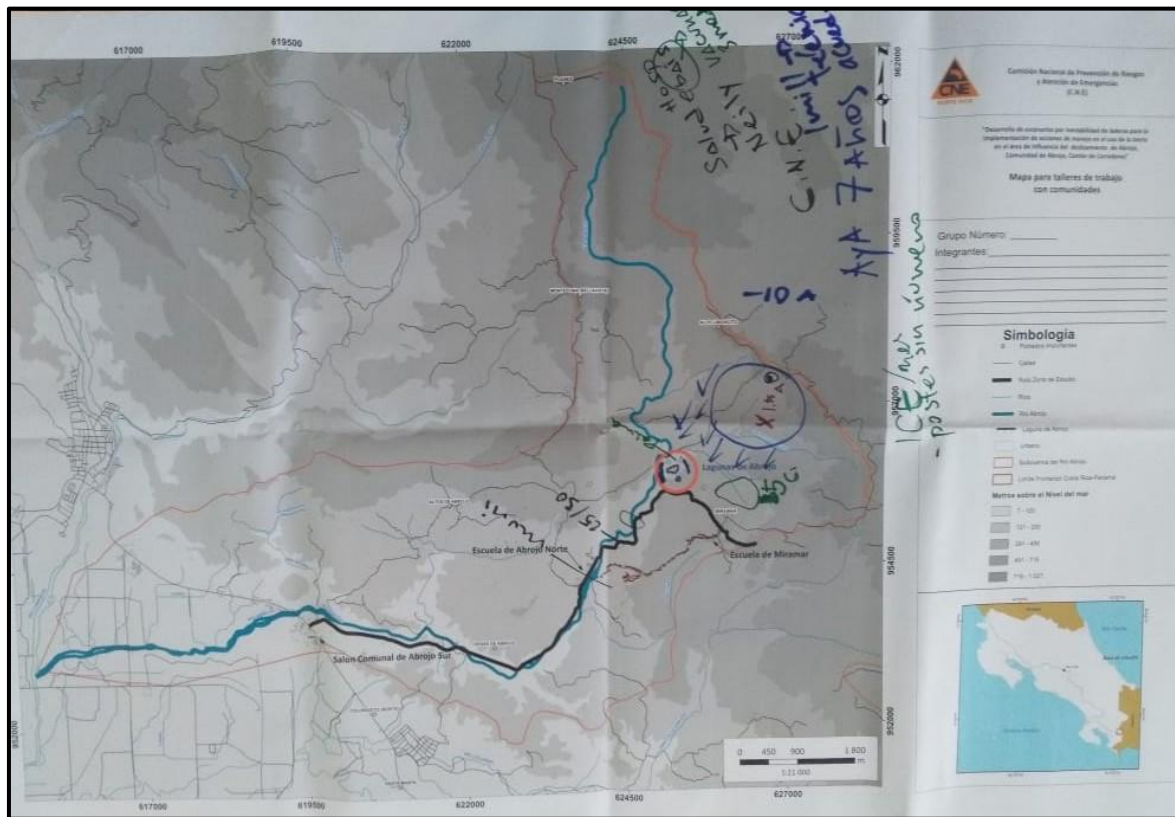


Figura 14. Mapa general de identificación de riesgos de la comunidad de Miramar

- P/** ¿Qué terrenos de la comunidad podrían deslizarse en un evento natural extraordinario?
- C/** Hay fincas en la zona norte de la comunidad donde hay grietas, incluso medias fincas se han deslizados. La zona de la laguna de Abrojo.



Figura 15. Detalle a zona de deslizamientos

P/ ¿Cuáles han sido los terrenos que históricamente ha sufrido la amenaza en la comunidad en situaciones similares?

C/ En esta comunidad existen 3 hechos históricos relacionados a las amenazas: 1) Se menciona que hace unos 7 años existía una laguna arriba de donde existe la actual, y en un momento se secó. 2) Se construyó en el 2000, con ayuda de cooperación del país vasco y AyA, un tanque para el abastecimiento de agua para la comunidad se finalizó y un año después colapso por estar ubicado en zona de deslizamiento. 3) La laguna actual, en época reciente, fue tan crítico, tanto que estuvo el presidente de la República, en mayo 2017.

P/ De acuerdo con la zona de afectación mayor por deslizamiento ¿Hay casas en esta zona?: número, tipo de viviendas, animales domésticos, etc.

C/ Si, hay cerca de 7 casos que presentan grietas en el piso de la vivienda, en el callejón abajo del centro. En la finca que se deslizó había una vivienda y queda otra en la margen derecha del río en peligro.

P/ ¿Qué terrenos podrían provocar una "cabeza de agua", como producto de un desprendimiento, deslizamiento, etc.? ¿Hay casas, familias, cultivos, etc. que podrían ser afectados directamente?

C/ Si, cerca del puente puede producirse muchos problemas si se desliza las fincas de esta zona.

P/ ¿Qué comunidades podrían verse afectados en caso de un evento natural?

C/ Miramar por el deslizamiento, Abrojo por inundación.

P/ ¿Qué obras, tales como puentes, muros, carreteras, edificios, etc, podrían ser afectados?

C/ El puente que comunica Miramar con Abrojo. En la vía de ingreso hay caída de árboles

P/ ¿Existe el riesgo de quedar incomunicados en caso de ruptura de la carretera o del puente que comunica con otra zona?

C/ Si, porque el otro camino, el viejo no está en buenas condiciones

P/ ¿Cuál es la participación institucional (Municipalidad, Comisión de Emergencias, Instituto Costarricense de Electricidad, Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud, otros) en la comunidad con respecto al tema del riesgo u otras problemáticas?

C/ Con la Comisión de Emergencias, muy buena, andan por acá a menudo. El ICE constantemente sube, da mantenimiento al posteo público. El AyA hace como 8 años no llega al pueblo. La Municipalidad no pasa del puente de Abrojo Norte.

Identificación de fortalezas y debilidades de la comunidad

Con respecto a las fortalezas identificadas en el dialogo abierto en la actividad, los participantes señalaron que la existencia de las infraestructuras de las 2 iglesias y la escuela son importantes en caso de una emergencia, tanto como albergue o para lugar de reunión.

Asimismo, se señala que las señales de telefonía (incluye internet) y radio, son fortalezas por su buen funcionamiento, lo que les da la capacidad de comunicarse en caso de emergencia.

Finalmente, la fuerza de cohesión de la comunidad de acuerdo con los intereses del pueblo, que se vio reflejado en la construcción del tanque del acueducto en 2000.

Las debilidades detectadas son de tipo infraestructural comunal, como la falta de un salón comunal, de sitios de recreo, de agua potable en verano. De tipo grupal, la falta de organización comunal, la falta de información acerca de la amenaza, y de estudio de la naciente actual que funciona con mangueras. Finalmente, las carencias en lo institucional, ya que la comunidad se siente aislada, por la falta de preocupación de las instituciones (excepto ICE y Comisión de Emergencias).

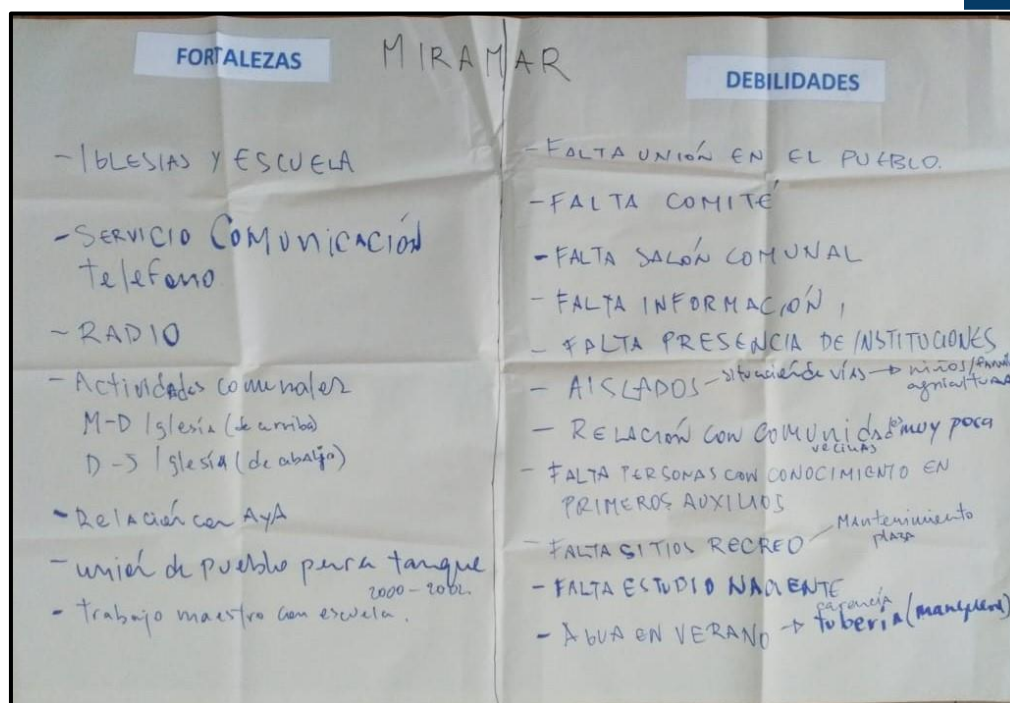


Figura 16. Cartel de fortalezas y debilidades de Miramar

En el **Cuadro 29** se presenta un listado de las principales fortalezas y debilidades identificadas para la comunidad de Miramar frente a condiciones de amenaza.

Cuadro 29. Fortalezas y debilidades identificadas en el taller de la comunidad de Miramar

Identificador	Fortalezas	Debilidades
1	La infraestructura de la escuela y las iglesias como albergues o sitios de reunión	Falta comité vecinal
2	Buena señal de comunicación	Falta salón comunal
3	La tenencia de la radio de comunicación	Poca presencia institucional crea sentimiento de aislamiento
4	Unión del pueblo. Durante el trabajo del tanque se evidencio	Faltan personas con conocimientos de primeros auxilios
5	El trabajo del maestro	Faltan sitios de recreo
6	Antes la relación con AyA	Faltan estudios de las nacientes

7	---	Carencia del agua en verano
---	-----	-----------------------------

3.7.4.2. Taller Abrojo

Asistencia

El taller se llevó a cabo en el salón comunal de la Asociación de Desarrollo de Abrojo, con la participación de 8 personas; 2 mujeres y 6 hombres.

Mediante reunión previa se invitó a las personas de la directiva de la Asociación de Desarrollo de Abrojo (ADI Abrojo) y con visita a casas a dirigentes de las otras organizaciones de Abrojo Norte, como la Asociación Administradora del acueducto (ASADA), la Junta de Salud y la Junta de Educación.

Observaciones

Para la actividad se convocó a varios dirigentes de la zona, tanto de Abrojo Norte como Abrojo Sur. Por lo que ellos decidieron realizar el mapeo de acuerdo con su lugar de residencia. Por ende, en la identificación se dividió bajo ese criterio.

Para la segunda parte, es decir, la identificación de fortalezas y debilidades, el trabajo fue conjunto.

Identificación de amenazas - Grupo de Abrojo Sur

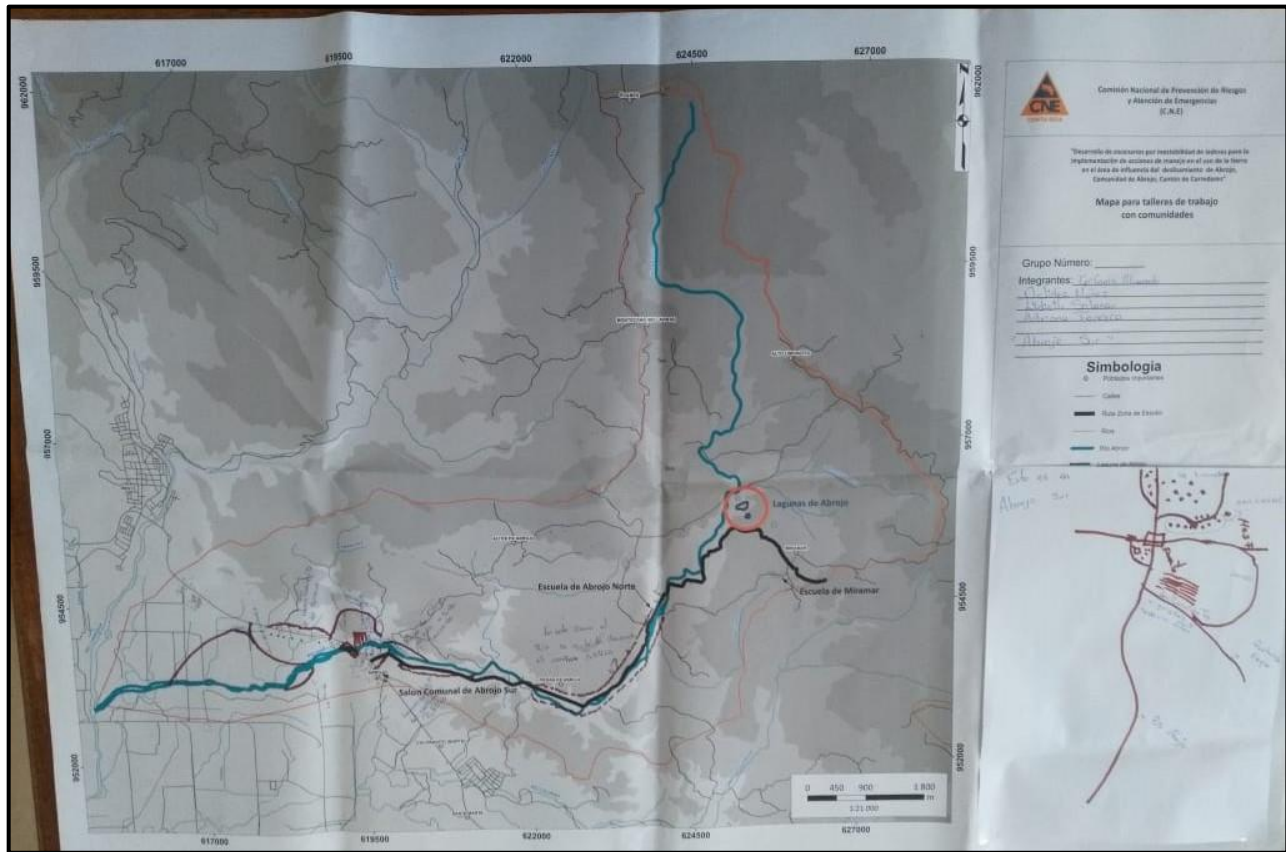


Figura 17. Mapeo de amenazas de Abrojo Sur

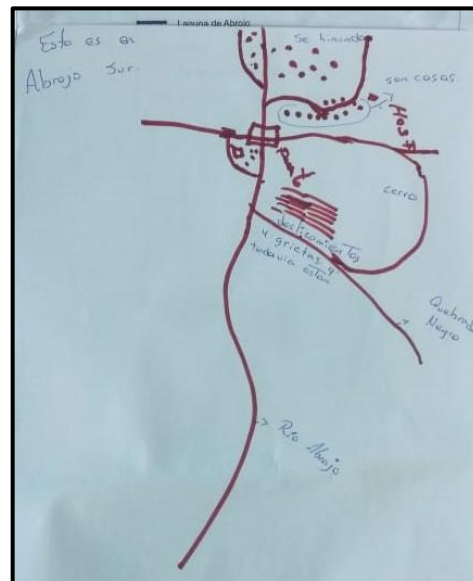


Figura 18. Detalle a la zona de Abrojo Sur

P/ ¿Qué terrenos de la comunidad podrían inundarse si ocurriera un temporal intenso?

C/ En la zona se identificó el área después del puente sobre el río Abrojo en la Carretera Interamericana

P/ ¿Cuáles han sido los terrenos que históricamente se han inundado en la comunidad en situaciones similares?

C/ Las zonas de las fincas después del puente

P/ ¿El río podría salirse del cauce? ¿En qué zona o área? ¿Hay casas en esta zona?: número, tipo de viviendas, animales domésticos, etc.

C/ Si, unas 30 viviendas

P/ ¿Qué terrenos podrían provocar un deslizamiento, como producto de un desprendimiento, deslizamiento, etc.? ¿Hay casas, familias, cultivos, etc. que podrían ser afectados directamente?

C/ El alto que está en la margen derecha del río

P/ ¿Qué casas o barrios de la comunidad podrían verse afectados en caso de un evento natural?

C/ las mismas que la zona de inundación de la zona derecha.

P/ ¿Qué obras, tales como puentes, muros, carreteras, edificios, etc, podrían ser afectados?

C/ El puente y el tramo de la carretera interamericana que está frente al cerro inestable

P/ ¿Existe el riesgo de quedar incomunicados en caso de ruptura de la carretera o del puente que comunica con otra zona?

C/ Si, quedarían incomunicados con la zona de Río Claro y Palmar.

P/ ¿Cuál es la participación institucional (Municipalidad, Comisión de Emergencias, Instituto Costarricense de Electricidad, Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud, otros) en la comunidad con respecto al tema del riesgo u otras problemáticas?

C/ En la mayoría de los casos se mencionó que hay presencia institucional en el área.

Identificación de amenazas - Grupo de Abrojo Norte



Figura 19. Mapeo de amenazas de Abrojo Norte

P/ ¿Qué terrenos de la comunidad podrían inundarse si ocurriera un temporal intenso?

C/ En los puntos 1 y 4. Son los terrenos en la comunidad en la margen derecha del río Abrojo.

P/ ¿Cuáles han sido los terrenos que históricamente se han inundado en la comunidad en situaciones similares?

C/ En el área cerca del punto 4, antes existían la escuela y plaza de fútbol. Todo fue reubicado

P/ ¿El río podría salirse del cauce? ¿En qué zona o área? ¿Hay casas en esta zona?: número, tipo de viviendas, animales domésticos, etc.

C/ en el área marcada existen unas 10 viviendas

P/ ¿Qué terrenos podrían provocar una "cabeza de agua", como producto de un desprendimiento, deslizamiento, etc.?

C/ El área identificada como 3 que coincide con la zona de la laguna.

P/ ¿Qué casas o barrios de la comunidad podrían verse afectados en caso de un evento natural?

C/ En los puntos marcados como 2 y 5 existe la amenaza de deslizamiento. Identificadas con las casas de camino a Territorio Indígena Abrojo y la zona del dique, camino a la carretera interamericana.

P/ ¿Qué obras, tales como puentes, muros, carreteras, edificios, etc, podrían ser afectados?

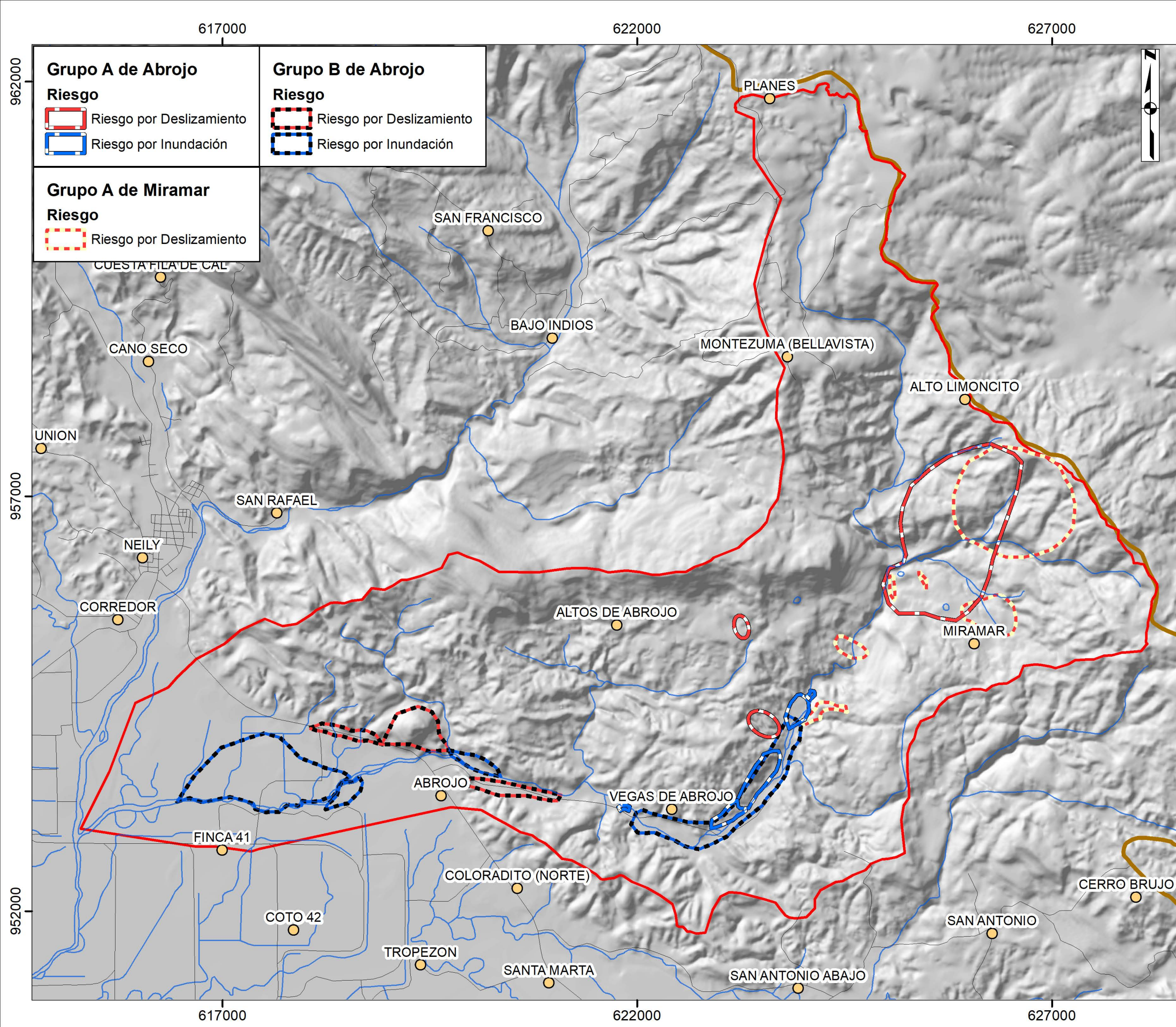
C/ Rompimiento del dique donde se ubica el camino de salida hacia la carretera interamericana y el camino a Abrojo Montezuma. En la zona 6, se identifica como clave la toma de agua y acueducto de la Asada de Abrojo Norte

P/ ¿Existe el riesgo de quedar incomunicados en caso de ruptura de la carretera o del puente que comunica con otra zona?

C/ Por el rompimiento del dique quedarían incomunicados las poblaciones de Abrojo Norte, Abrojo Montezuma, Miramar.

P/ ¿Cuál es la participación institucional (Municipalidad, Comisión de Emergencias, Instituto Costarricense de Electricidad, Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud, otros) en la comunidad con respecto al tema del riesgo u otras problemáticas?

C/ En la mayoría de los casos se mencionó que hay presencia institucional en el área, excepto con el ICE y AyA, con los cuales no tienen relación.



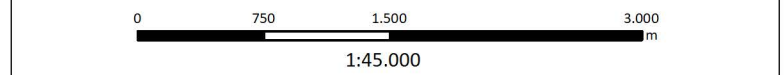
Grupo A de Abrojo Riesgo Riesgo por Deslizamiento Riesgo por Inundación	Grupo B de Abrojo Riesgo Riesgo por Deslizamiento Riesgo por Inundación
Grupo A de Miramar Riesgo Riesgo por Deslizamiento	

"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 19. Percepción Social del Riesgo

Simbología

- Poblados importantes
- Red Vial (150000)
- Rios (1 50000)
- Subcuenca del Río Abrojo
- Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá



1:45.000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05

Fecha: Noviembre, 2019

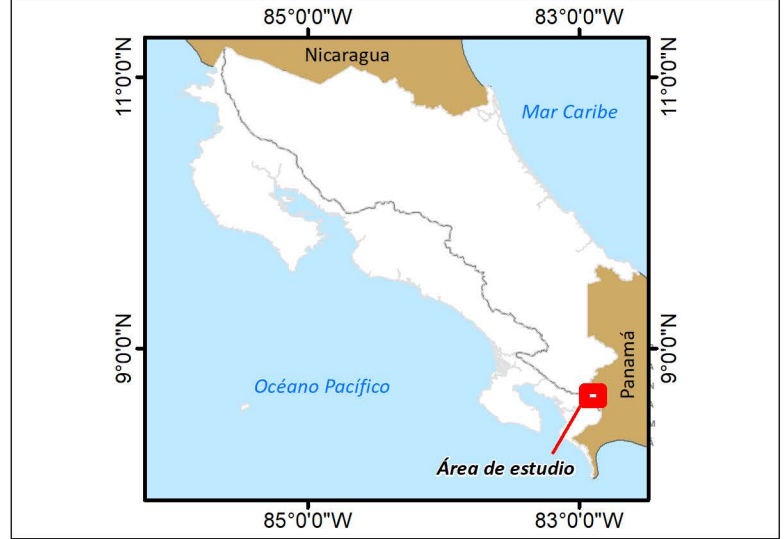
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012
SNIT, (1: 5000)

Talleres en las comunidades

Dibujo y diseño cartográfico:
Geógr. Andrey Villalobos Jiménez

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA LTDA.



Identificación de fortalezas y debilidades

En la identificación de fortalezas de la comunidad frente a las amenazas, se mencionaron fortalezas de tipo infraestructural, especialmente porque en ambas comunidades poseen salón comunal, escuelas y puentes que pueden ser de utilidad en caso de una emergencia.

Además, la cercanía del Gobierno Local de Corredores, la Comisión de Emergencias, el Hospital de Ciudad Neilly, son percibidas como fortalezas.

En términos comunales se estima que la cohesión comunal, es un punto fuerte que sirve en casos de emergencia. Así como la presencia en la comunidad de personas con conocimiento en el tema de primeros auxilios.

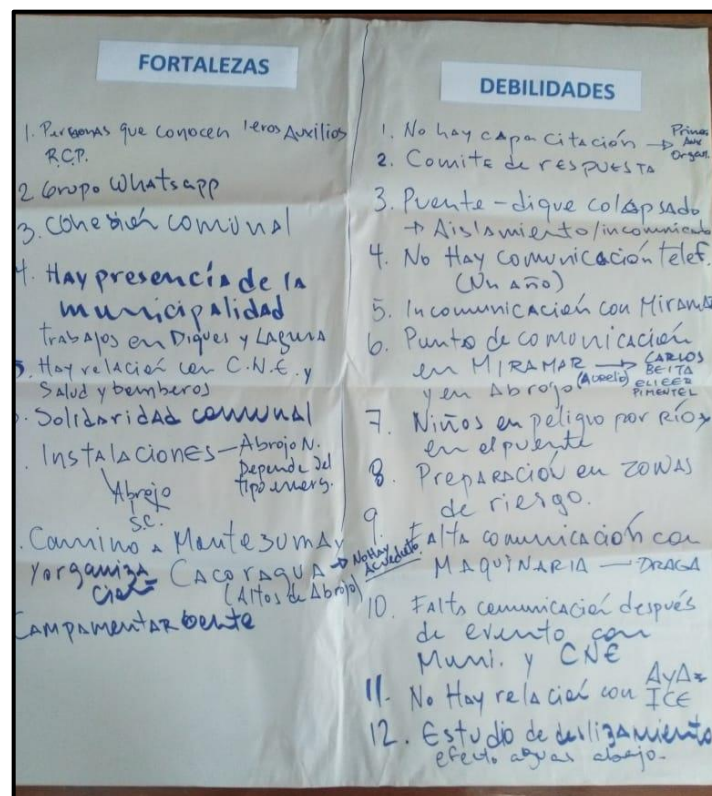


Figura 20. Cartel de fortalezas y debilidades del taller de Abrojo

Entre sus debilidades encontramos que la conexión vía internet o telefonía móvil tiene un año de no funcionar o funcionar poco en la zona. Lo cual dificulta la comunicación entre vecinos, lo que se considera importante para estar relacionados en caso de emergencias.

No hay capacitación en general de que hacer en caso de emergencia, así como de un comité de respuesta en caso de eventos naturales que generen desastres.

Preocupaciones concretas acerca de los deslizamientos y el peligro que el puente representa para los niños, en caso de que una cabeza de agua lo azote.

No hay conocimiento del estudio que en meses pasados realizó la Universidad de Costa Rica. Les gustaría un acercamiento con el ICE y AyA, ambos no están presentes en la gestión comunal.

En el **Cuadro 30** se presenta un listado de las principales fortalezas y debilidades identificadas para la comunidad de Abrojo frente a condiciones de amenaza.

Cuadro 30. Fortalezas y debilidades identificadas en el taller de la comunidad de Abrojo

Identificador	Fortalezas	Debilidades
1	Personas que conocen de primeros auxilios	No hay capacitación en gestión de la reducción de riesgos
2	Contar con grupo de WhatsApp	No hay comité de respuesta local
3	Cohesión comunal	No hay señal de telefonía ni internet
4	Presencia municipal	Poca relación con Miramar
5	Buena relación con CNE, Salud y Bomberos	Niños en peligro por el río
6	Instalaciones adecuadas en caso de necesidad de albergue: salones comunales de Abrojo y Abrojo Norte	Falta de comunicación con maquinaria que realiza trabajo en cauce.
7	Capacidad de campamentar gente	Falta relación con AyA e ICE
8	---	No conocen estudios de deslizamientos

3.7.5. Memoria histórica

De acuerdo con la evidencia recolectada en ambos talleres, a continuación, se hacen breves conclusiones donde se integra toda la información de memoria histórica y de percepción del riesgo.

La población aprendió a vivir con el riesgo, tanto en Miramar como Abrojo (en plural), lo cual no decir que se rechaza. Ya que el riesgo es no rechazado, significa que ha sido aceptado, ya sea deliberadamente o por error o por costumbre.

Ciertas formas de negación también son comunes: después de un desastre, las personas que presenciaron o padecieron el evento quieren borrar los signos del trauma lo antes posible, evitando así la memoria del riesgo. Otras veces, la presión de la tierra y la especulación crean un contexto propicio para la ocultación del peligro: para evitar la depreciación o la tenencia misma de la tierra, algunos no dudan en minimizar o incluso en silenciar.

A diferencia de otros lugares, en el caso en estudio, hay plena conciencia que la amenaza existe (en sus diferentes formas y diferentes grados), es decir, que la montaña entera se mueve, no solamente la laguna, que, en términos prácticos, es el objeto concreto de la amenaza, sin embargo, pertenece a un proceso geológico. Igualmente, con el río que conocen su fuerza, pero no la magnitud de la combinación de ambos eventos.

La información correctamente interpretada sobre el riesgo desarrolla un estado de conocimiento del riesgo en los individuos. Esto supone que estos últimos son receptivos información transmitida por las autoridades u otras fuentes e integrarlo como un conocimiento propio. Por ende, cuando se lleguen a realizar estudios es importante la devolución de los resultados.

Sin embargo, adquirir conocimiento no es suficiente para adaptar el comportamiento. Conocer el riesgo no significa que uno sea consciente de que puede suceda realmente, ni nos imaginamos lo que significa la palabra "inundación" o "deslizamiento", ni cuáles son las consecuencias de tal fenómeno. Eso tampoco supone que conocemos o adoptamos un comportamiento apropiado en caso de inundación, que uno tiene los reflejos que contribuyen a la seguridad de la vida, la de uno de sus familiares o vecinos o su propiedad.

La conciencia del riesgo se caracteriza por la apropiación personal de la información de riesgo, la que se tenga, sabemos que la montaña se mueve o que el río ingresa a la zona comunal. Saber la inundación no implica sentirse directamente preocupado por este riesgo. Tomar conciencia del evento de inundación es tomarlo como un evento que puede tener un impacto en su esfera personal o colectiva.

Ahora bien, desde cada perspectiva que se vea la laguna, cambia el cómo entender el riesgo. Desde la zona alta Miramar, ve con desconfianza cada lluvia, porque sabe que puede perder la mitad de su territorio, sus propiedades incluso sus vidas. Y en específico, las viviendas con grietas (7 identificadas) no abandonan el sitio, porque esa pérdida sería total. Esta percepción de la pérdida junto con la del aislamiento institucional y sus caminos hacen de la comunidad vulnerable en sentido físico y social.

Desde abajo, desde Abrojo Norte, la preocupación inmediata es la inundación, sin embargo, saben lo que ocurre arriba, puede golpearlos de manera letal en sus condiciones de vida. En el caso de ellos el aislamiento percibido es tecnológico, no pueden, aunque quieran utilizar las nuevas tecnologías como WhatsApp o Telegram para dialogar con sus vecinos, y menos con el resto de la cuenca.

Otro aspecto identificado, es el vínculo difuso entre comunidades. Que, pese a no ser hostil, ni síntomas de ello; no existe como red de prevención-atención de las amenazas, es decir no está articulada como subcuenca para reaccionar en caso de emergencia.

3.8. Aspectos sociales positivos y negativos identificados

Entre los hallazgos identificados, de carácter positivo, en primera instancia se menciona la disposición de las poblaciones a trabajar en el tema. Conscientes del riesgo al cual están expuestos, las comunidades desde cada una de sus ópticas, hacia abajo o hacia arriba, ven una oportunidad en mejorar la cohesión social para la gestión del riesgo.

Si bien es cierto, hasta la fecha han trabajado de manera dispersa, cada comunidad tiene que aportar a una red de prevención y atención de emergencias en la cuenca. De modo que el trabajo intercomunidades e intracomunidad es factible y con el mejoran la atención acerca de las amenazas.

En cuanto al tema de infraestructura, el hallazgo positivo tiene que ver con la capacidad de atención de personas damnificadas por un evento, es decir, que, en diferente grado, existen salones comunales con la capacidad de convertirse en albergues en caso de una eventual emergencia.

Otro aspecto importante que se mencionó es la presencia de la Comisión de Emergencia, y el grado de cercanía de la población con ellos.

Entre los aspectos negativos, se encuentra la falta de señal de telecomunicaciones en Abrojo Norte y el aislamiento institucional mencionado por Miramar.

3.8.1. Degradación ambiental

Debido a su alta rentabilidad, los bosques primarios se destruyen para dar paso a un monocultivo de palmas de aceite. El resultado es la pérdida de una biodiversidad que alguna vez fue abundante: la fauna y flora tropicales están en peligro de extinción, y las poblaciones locales están siendo expulsadas de sus territorios. Este monocultivo intensivo también contamina y empobrece los suelos.

Almeida (2012), quien realizó un estudio de las emisiones y dinámicas relacionadas a las plantaciones de palma en Brasil, indica que se debe preservar la vegetación nativa y sólo se deben usar áreas degradadas para para la introducción de plantaciones de palma, y así se podrían obtener beneficios ambientales.

En el caso de Abrojo Norte y Miramar el cambio en el uso de suelo ocurrió en términos de la actividad ganadera por palma aceitera, lo que conlleva a la aparición de una nueva cobertura con mayor oportunidad para la fauna.

Al respecto Edwards et al. (2010) menciona que mediante su estudio realizado en Borneo comprobó que las plantaciones de palma "amigables" con la fauna silvestre (plantaciones de palma con fragmentos de bosque dentro del área) no protegen la biodiversidad efectivamente.

Clay (2004) menciona varias recomendaciones para mitigar los efectos de las plantaciones de palma a nivel global y son las siguientes:

- a. Promover el establecimiento de pequeñas procesadoras, usar pequeñas procesadoras en lugar de grandes procesadoras diseñadas para volúmenes que sólo pueden provenir de plantaciones de grandes extensiones, minimizar la deforestación y la reducción de hábitat por cambio de uso del suelo.
- b. Mantener la fertilidad del suelo, usar sistema de cables en lugares donde los suelos tienden a la compactación, menciona que se han realizado estudios del costo de este sistema en Costa Rica y que este sería aproximadamente la mitad del costo total de establecimiento de la plantación (Pánfilo Tabora com. Pers citado por Clay 2004).

- c. Reducir el uso de fertilizante recomienda sembrar leguminosas para que fijen nitrógeno en el suelo, y también reciclar los nutrientes usando los desperdicios de la cosecha y el procesamiento para enriquecer el suelo de la plantación.
- d. Usar manejo integrado de plagas y controladores biológicos, recomienda usar búhos y serpientes como controladores biológicos de las ratas (principal plaga de la palma) como última opción recurrir al uso de pesticidas y que sean los menos tóxicos y menos persistentes, ya que estos pueden también matar a los predadores que cazan accidentalmente ratas envenenadas.
- e. Reducir el uso de agua, las plantaciones, los viveros y las plantas procesadoras deben usar el agua eficientemente, reciclarla y minimizar su uso.

Al respecto de las acciones necesarias en el campo de la investigación Yaap et al (2010) mencionan como altas prioridades la elaboración de mapas actualizados que muestren las tierras degradadas y las tierras ocupadas por bosques.

3.8.2. Emergencias y desastres

El modelo de emergencias de la subcuenca se ve favorecido porque el 70% de la población, está a menos de 20 minutos del Hospital de Ciudad Neilly, centro de salud primario de gran importancia regional. El cual cuenta con 16 especialidades médicas y quirúrgicas, 77 camas y posee una población directa cercana a los 50 mil habitantes.

Asimismo, la Ciudad Neilly cuenta con el servicio de atención de la organización de Cruz Roja en el centro poblacional, entre 20 a 30 minutos de Abrojo Norte. También existe el cuerpo de bomberos instalado en la ciudad.

3.8.3. Plan regulador cantonal

Hasta la fecha, el cantón de Corredores no cuenta con un plan regulador cantonal vigente.

3.8.4. Salud y educación

En cuanto al aspecto de educación, la cobertura de centros educativos primarios, la población escolar se distribuye según comunidad. A continuación, las escuelas identificadas, según la matrícula 2018.

Cuadro 31. Centros educativos según comunidad y matrícula 2018

Nombre	Distrito	Comunidad	Total	Hombres	Mujeres
Las Vegas de Río Abrojo	Corredor	Río Abrojo	28	13	15
Las Vegas de Abrojo Norte	Corredor	Abrojo Norte	62	36	26
Miramar	Corredor	Miramar	17	7	10

Fuente: Ministerio de Educación, 2019

En cuanto a salud, los principales indicadores del Área de Salud para definir el perfil epidemiológico del área adscrita son los siguientes:

Cuadro 32. Indicadores generales de salud

Tasa de Natalidad*	Tasa de Mortalidad General*	Tasa de Mortalidad Infantil*
13,89	3,99	9,84

*Tasa por cada 1000 habitantes

Según estos datos, los registros de la zona, en natalidad y mortalidad general son similares a la tendencia nacional (13,91 y 4, 3 casos por cada mil habitantes respectivamente). Sin embargo, el indicador de tasa de mortalidad infantil está más alto que a nivel nacional, donde alcanza los 7,9 casos por cada 1000 habitantes.

Ahora bien, para determinar el escenario de morbilidad, en específico, las principales tasas de mortalidad para la zona son las siguientes:

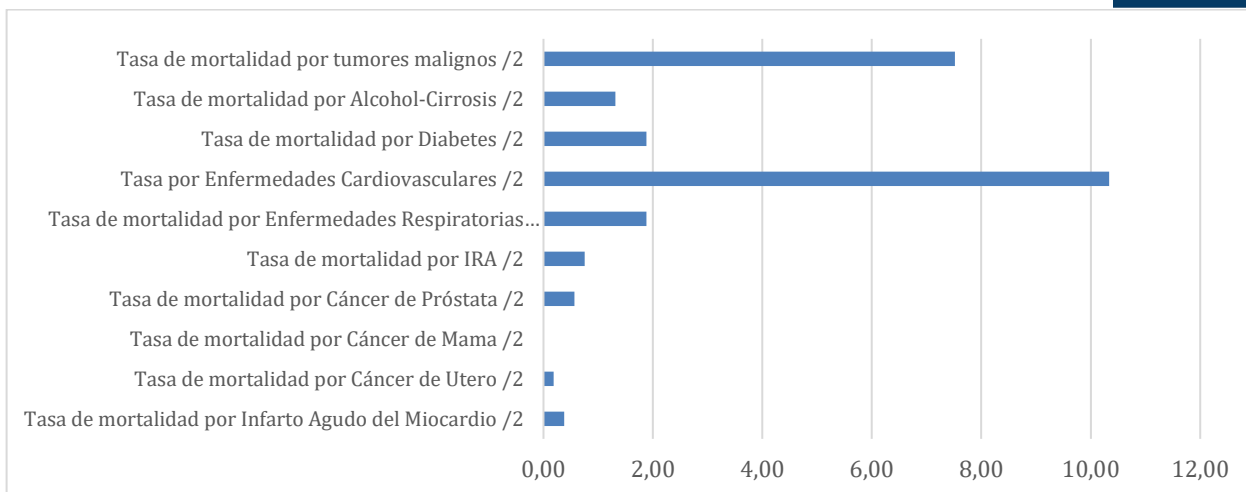


Gráfico 13. Principales tasas de mortalidad para área de salud Corredor (tasa por 1000 habitantes)

Finalmente, los casos de transmisión viral, agresión y accidentes se distribuyen de la siguiente manera.

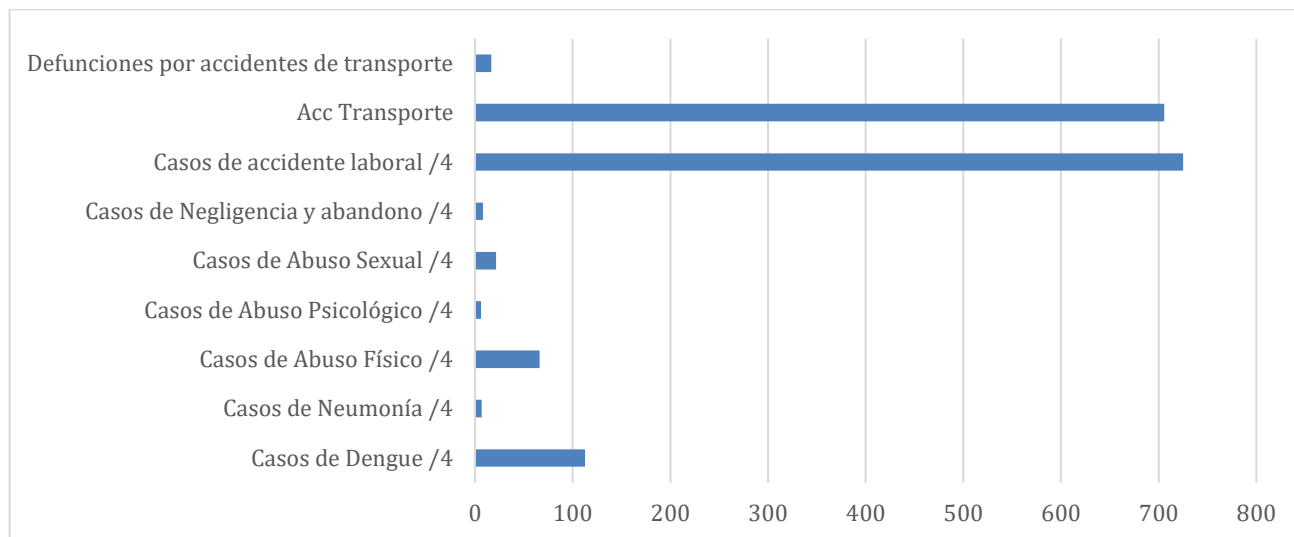


Gráfico 14. Casos de enfermedades de transmisión viral, agresiones y accidentes de tránsito reportados

3.9. Escenarios de intervención del gobierno local

En este apartado se mencionan medidas por parte del Estado para reducir la amenaza a deslizamientos y eventos colaterales. En cuanto a las causas que generan amenazas, el Estado lo que debe procurar es reducir la vulnerabilidad de las poblaciones con mayor riesgo,

mediante procesos de educación y transferencia tecnológica a las comunidades, fomento de planes de manejo agroproductivo que se enfoque en la utilización adecuada de los suelos según sus características. Además de parte del Estado se debe realizar un programa de resiliencia de la infraestructura, identificación de actores claves para la formulación de políticas de gestión de riesgo a nivel local.

Como parte los escenarios en los que el Estado (Gobierno Central y Municipal) debe intervenir está la integración de los elementos físicos y sociales desarrollados en este análisis en el plan regulador, así antes y después de un evento con escenarios colaterales como flujo de lodo se debe restringir los usos del suelo en las zonas afectadas, asimismo de manera transicional se deben ir trasladando los servicios básicos a zonas fuera de peligro ante las amenazas identificadas para de cierto modo ir trasladando los sectores poblados a zonas menos expuestas a deslizamientos y flujos de lodo.

En diferente grado la intervención de la municipalidad puede ser clave. El sector de mayor aislamiento detectado es Miramar, donde la intervención del gobierno local en caminos y abastecimiento de agua es relevante para mejorar su calidad de vida.

En Abrojo Norte, la forma de intervención sería a través de la gestión con las empresas de telecomunicaciones para mejorar el servicio telefónico y de internet en la comunidad. Así como una mayor comunicación cuando se hagan trabajos en el cauce del río.

3.10. Insumos a incorporar en el plan regulador cantonal

La importancia de los mapas temáticos utilizados en este estudio son insumos necesarios a incorporarse en el plan regulador del cantón. Las zonas identificadas con altas y muy altas susceptibilidad a deslizamientos deben ser incorporadas como zonas a las cuales se les debe aplicar restricciones de desarrollo y usos de suelo. Al igual que la susceptibilidad a deslizamientos se deben considerar los mapas de inestabilidades del terreno y el mapa de conflictos de usos del suelo.

El mapa de zonificación de la subcuenca a partir de los varios parámetros sociales y físicos es elemento de mayor relevancia que debe de integrarse al plan regulador cantonal, ya que está asociado con una serie de recomendaciones y restricciones al uso del suelo y al desarrollo de estructuras urbanas.

4. PROPUESTA DE USO DE LA TIERRA PARA EL ENTORNO DEL DESLIZAMIENTO

4.1. Mapa de zonificación

Mediante la integración de los principales productos cartográficos generados a través de los diferentes análisis desarrollados en los alcances del presente estudio, fue realizada una zonificación para la subcuenca del río del Abrojo en función de la aplicación de una propuesta de uso de la tierra para el entorno del deslizamiento.

Para la generación de esta zonificación fue aplicado un análisis espacial en los productos cartográficos desarrollados para el análisis de percepción social del riesgo (**Mapa 19**), el mapa de conflictos de uso de la tierra desarrollado para la cuenca (**Mapa 16**), el mapa de inestabilidades del terreno (**Mapa 9**), el modelo de susceptibilidad al deslizamiento desarrollado mediante la metodología Mora-Vahrson (**Mapa 8**) y el modelo hidráulico de un posible disparo de la masa inestable de la zona de la Laguna de Abrojo (**Mapa 13**).

Los criterios de valoración aplicados en el análisis espacial realizado para cada una de las coberturas se detallan en el **Cuadro 33**. La valoración fue realizada en función de zonas definidas bajo criterio de experto como de alta, media y baja prioridad para la aplicación de una estrategia de intervención a nivel de la subcuenca del río Abrojo.

En la **Figura 21** se muestra de manera esquemática cada uno de los productos cartográficos integrados en el análisis espacial, con la aplicación de los diferentes criterios de valoración considerados.

En el **Mapa 20** se presenta la zonificación final obtenida, en la cual se definen los sectores en los que se identificó alta, media o baja prioridad para aplicación de una estrategia de intervención a nivel de la cuenca.

Cuadro 33. Criterios de valoración considerados en el análisis espacial para la determinación de la zonificación propuesta

Zonificación propuesta	Zona de alta prioridad	Zona de media prioridad	Zona de baja prioridad
Valoración	3	2	1
Análisis de percepción social del riesgo	Percepción social de varios riesgos asociados (inundación y deslizamiento) por más de una comunidad. Percepción social de riesgo de vidas y unidades habitacionales	Percepción social de riesgo de afectación por servicios y/o comunicaciones.	Resto de la cuenca
Conflictos de uso de la tierra en la cuenca	Uso correcto	---	Sobreuso y subuso
Inestabilidades del terreno	Zonas de deslizamiento activo, zonas de reptación intensa de suelos y zonas de cárcavas	Zonas de deslizamiento antiguo y zonas de reptación incipiente de suelos	Resto de la cuenca
Modelo de susceptibilidad al deslizamiento (Mora-Vahrson)	Susceptibilidades extrema, muy fuerte y fuerte	Susceptibilidades moderada y media	Susceptibilidades baja y muy baja
Modelo hidráulico de un posible disparo de la masa inestable	Zonas con afectación potencial	---	Zonas sin afectación potencial

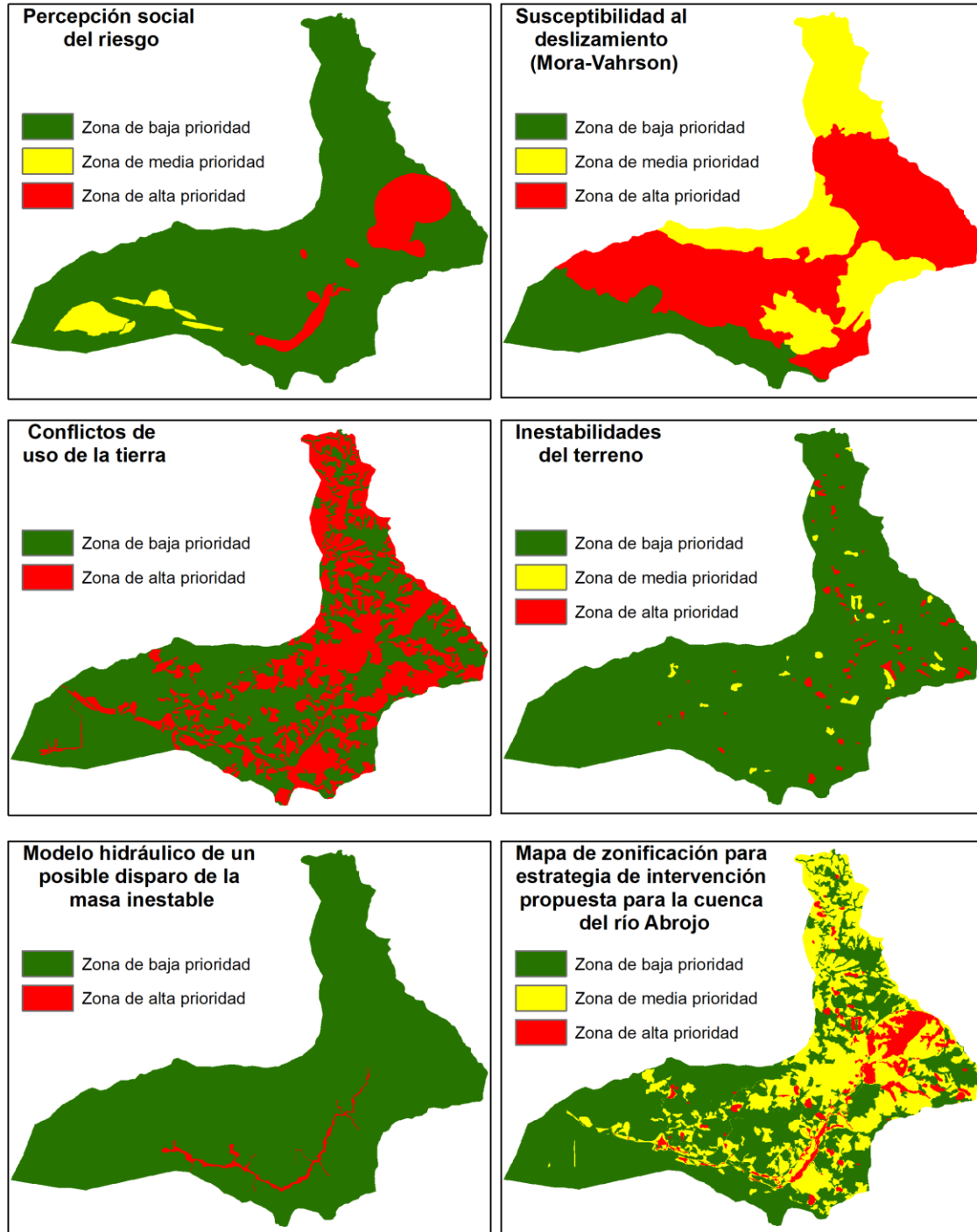
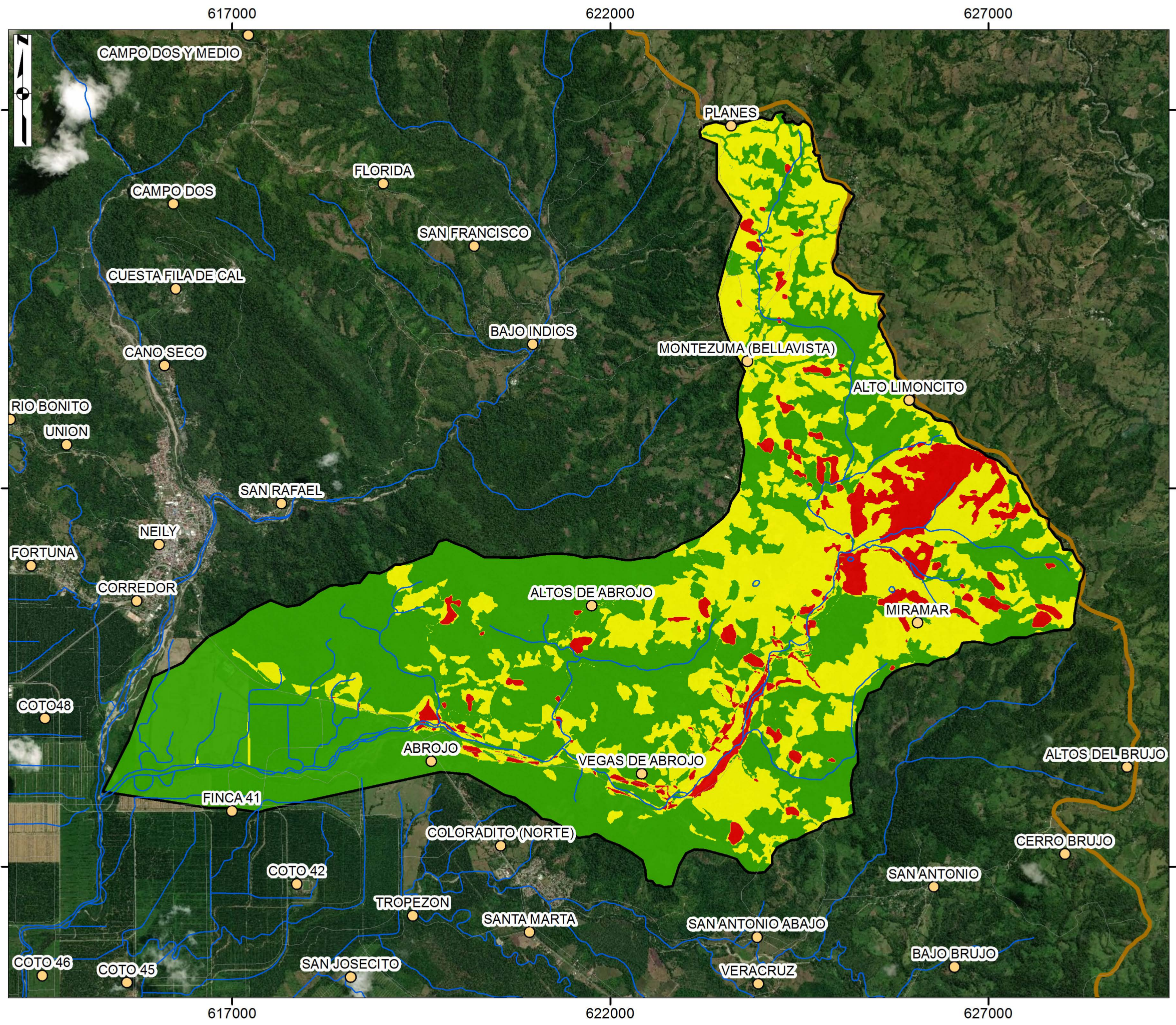


Figura 21. Criterios de valoración aplicados a cada uno de los productos cartográficos integrados en el análisis espacial



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 20. Zonificación en la Intervención del Deslizamiento

Simbología

- Poblados importantes
- Red Vial (150000)
- Rios (1 50000)
- Subcuenca del Río Abrojo
- Límite Fronterizo Costa Rica-Panamá

Zonificación

- Zona de baja prioridad
- Zona de media prioridad
- Zona de alta prioridad

0 800 1,600 3,200 m

1:50,000

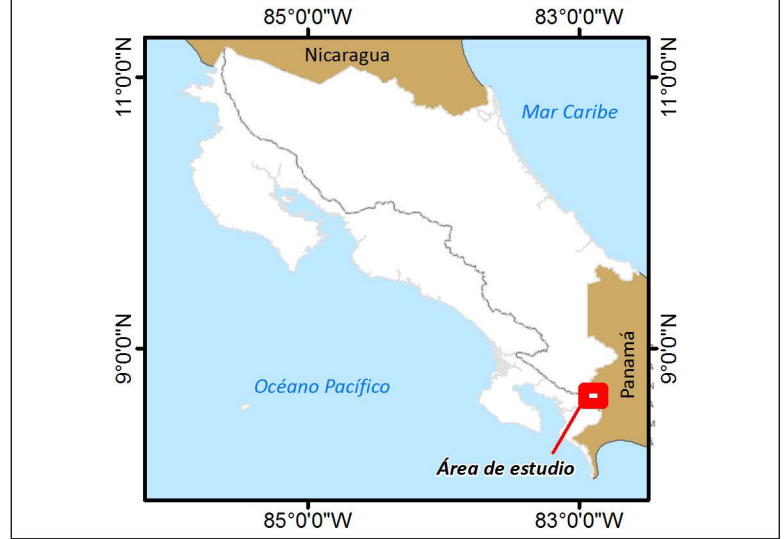
Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019

Fuente de datos:
Imagen satelital: ESRI, 2012

Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECCNIA LTDA.



4.2. Estrategia de intervención a plazo de 5 años

Para la zonificación realizada a nivel de la subcuenca del río Abrojo (**Mapa 20**) se propone la aplicación de la estrategia de intervención indicada en el **Cuadro 34**.

Para la elaboración de esta estrategia de intervención fueron considerados los principales aspectos y requerimientos identificados a nivel del análisis de percepción social del riesgo realizado en las comunidades del área de influencia, así también, se consideran las diferentes recomendaciones técnicas derivadas de los procesos de análisis geológico, hidráulico, geográfico, físico y de amenazas y riesgos naturales.

Cuadro 34. Estrategia de intervención propuesta para la cuenca del río Abrojo según zonificación de áreas prioritarias

Estrategias de intervención propuestas	Zonificación propuesta y plazos de ejecución		
	Zona de alta prioridad	Zona de media prioridad	Zona de baja prioridad
	De 0 a 5 años	De 5 a 10 años	Mayor a 10 años
a. Implementación de planes de manejo agro productivo sostenible para los sectores que presentan un sobreuso asociado a actividades agropecuarias	X	X	X
b. Transferencia tecnológica (capacitación e instrumentación) hacia las comunidades de Miramar y Abrojo Norte en materia de amenazas/riesgos naturales, prevención, atención post evento	X	X	
c. Implementación de mejoras en la cobertura de telecomunicaciones para el sector de Abrojo Norte, de manera que se potencie el uso de recursos tecnológicos que se apliquen a grupos de alerta	X		
d. Rehabilitación de la antigua vía pública que comunica con el sector de Miramar, de manera que sea utilizada como vía alterna en caso de que la vía pública de uso actual sea impactada por algún evento	X		
e. Facilitar una red de comunicación que involucre a las organizaciones comunales en el contexto de aplicación de sistemas de alerta	X	X	X
f. Conformación de una brigada comunal de respuesta inmediata que mantenga coordinaciones con Cruz Roja y con el Comité Municipal de Emergencias	X	X	X
g. Ejecución de un diagnóstico de infraestructura comunal que permita la identificación	X	X	X

de sitios factibles para uso albergue en caso de eventos			
h. Identificación de sitios seguros en función de los eventos potenciales que se pueden presentar en la cuenca	X	X	X
i. Implementación de protocolos comunales para la reactivación de servicios básicos (agua potable, electricidad, comunicaciones, salud, etc.) en caso de eventos	X	X	X
j. Facilitar el acercamiento e involucramiento de las instituciones competentes que faciliten la ejecución de las diferentes recomendaciones en las comunidades de influencia	X	X	X
k. Implementación de mejoras de infraestructura para el abastecimiento de agua potable en el sector de Miramar	X		
l. Potenciar las actividades o coberturas que presentan los sectores identificados con un uso correcto	X	X	X
m. Propiciar actividades de conservación y reforestación en los sectores identificados con un sobre uso que además presentan laderas de altas pendientes	X	X	X
n. Evaluar, en términos de riesgo por inundación, aquellos sectores que presenten un subuso, de manera que se determinen usos potenciales adecuados específicos para estas zonas	X	X	X
o. Elaborar una propuesta de monitoreo e instrumentación para el auscultamiento del sector inestable de la Laguna de Abrojo	X	X	
p. Implementar una estación meteorológica hacia el sector de cuenta alta del río Abrojo	X		
q. Establecer medidas de restricción para el desarrollo de futuras actividades urbanas, comunales y comerciales en los sectores en que se presenten inestabilidades activas del terreno	X	X	X
r. Elaborar estudios específicos de estabilidad de laderas que determinen las condiciones de riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura comunal, de servicios y red vial, de manera que se propongan soluciones técnicas	X	X	X
s. Establecer mecanismos de fiscalización a nivel municipal para evitar el desarrollo de infraestructura privada y comunal en los sectores con potencial afectación de procesos de inestabilidad de laderas y de inundación	X	X	X
t. Fortalecer la conformación y participación activa del Comité Municipal de Emergencias en las comunidades de influencia bajo supervisión de la CNE	X	X	X

<p>u. Elaborar una propuesta de instrumentación para el monitoreo del comportamiento hidráulico del río Abrojo que permita identificar un patrón de comportamiento estacional del mismo, así también para la detección de crecidas extraordinarias en caso de presentarse eventos hidro meteorológicos que impacten la subcuenca</p>	X	X	X
--	---	---	---

5. DISEÑO DE SISTEMA DE VIGILANCIA Y ALERTA TEMPRANA

5.1. Monitoreo hidrometeorológico

Como parte de la estrategia y las acciones preventivas que se pueden plantear se incluye una articulación integral mediante un sistema de vigilancia y monitoreo de las zonas identificadas como de alta susceptibilidad a deslizamientos. Entre los elementos tecnológicos y de equipamiento que se recomiendan desarrollar están la ubicación de una red de estaciones meteorológicas que muestren en tiempo real las condiciones climáticas y que registren las precipitaciones acumuladas en la cuenca, se sugiere mínimo la instalación de dos estaciones meteorológicas ubicadas preferiblemente en las microcuencas que confluyen en el río Abrojo. Además, se recomienda la instalación de mínimo 4 estaciones fluviográficas que indiquen de manera remota y automática los niveles del río para monitorear los ascensos en los niveles del cauce del río Abrojo y sus afluentes.

La ubicación de las estaciones meteorológicas debe ser en la parte media y alta de las microcuencas de los afluentes del río Abrojo, ya que estas zonas son donde se presentan precipitaciones intensas y de las cuales no se tienen registros locales, además, en estos sectores se presenta un clima diferente a la zona de planicie donde está la estación meteorológica más cercana del IMN. La importancia de contar con los registros en tiempo real es debido a la necesidad de obtener niveles de alerta ante precipitaciones intensas como medidas de alerta, ya que la intensidad de las lluvias es uno de los disparadores de deslizamientos en el trópico. En cuanto a las estaciones fluviográficas se deben colocar en zonas donde la visibilidad se apropiada, dos de las estaciones fluviográficas se deben colocar después y antes del deslizamiento de la laguna de Abrojo, aproximadamente unos 300 m aguas arriba y 200 metros aguas abajo, para monitorear un posible escenario donde disminuya el caudal súbitamente, ante la posibilidad de un represamiento del río Abrojo por deslizamientos en las márgenes del río, o el escenario en que se registre un aumento brusco asociado a flujos de lodo, por ejemplo. Otras estaciones deben colocarse preferiblemente en la confluencia de la Quebrada Ojo de Agua y en la parte alta de la subcuenca del río Abrojo

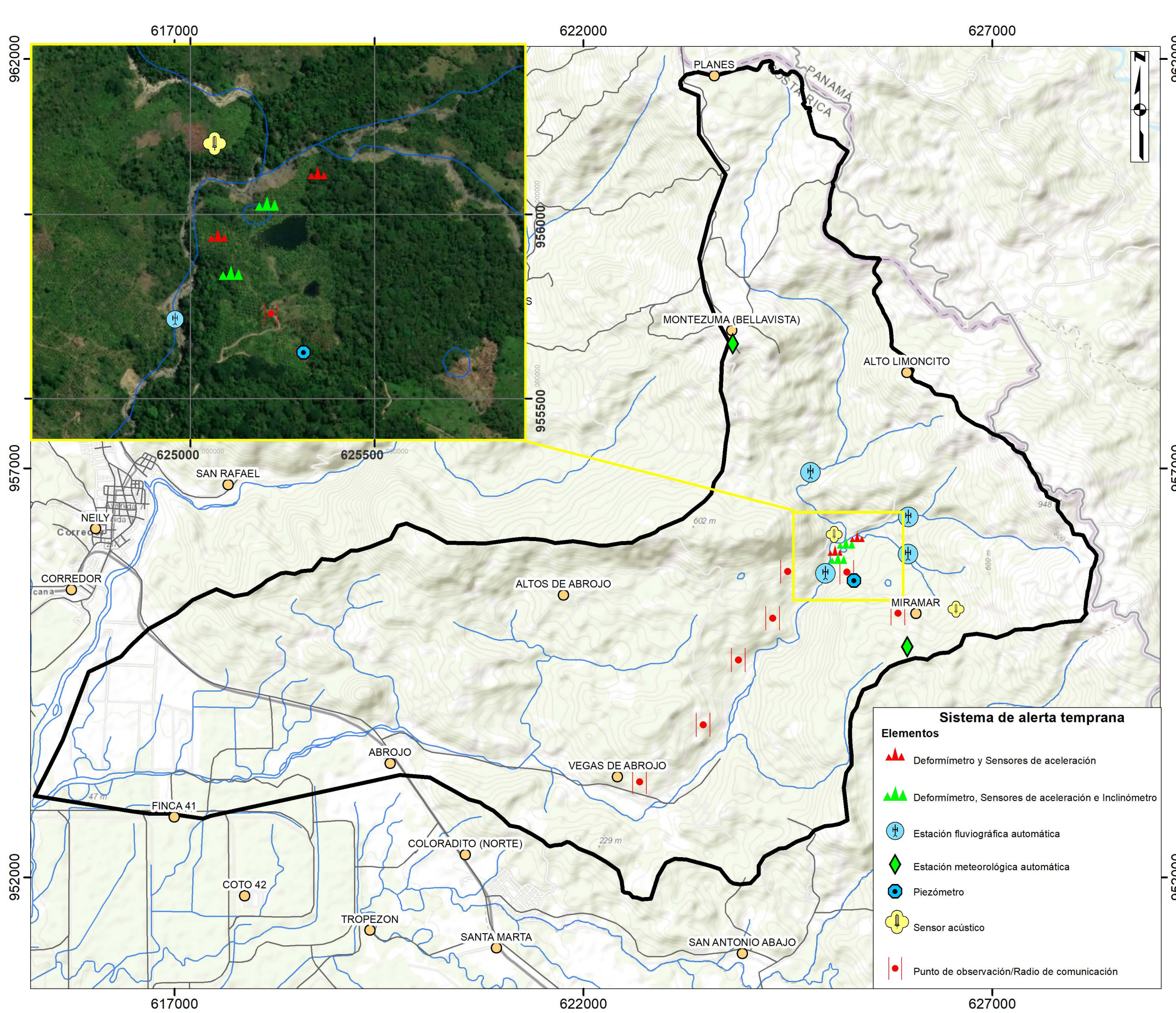
donde se une con otras quebradas de menor caudal. La ubicación de estos elementos del sistema de vigilancia y alerta temprana se aprecian en el siguiente mapa.

5.2. Desplazamiento del terreno

Como un primer paso del SAT, se considera fundamental el equipamiento y ubicación de radios de comunicación, ya que en sectores el servicio de telefonía celular es deficiente, además se debe dar la incorporación de al menos en 6 puntos de observación visual (vigilancia continua), particularmente en las partes media y alta del río, donde ya hay identificados deslizamientos activos. Estos lugares deben ser terrenos altos y en zonas seguras, donde el desplazamiento sea sencillo.

Para la zona identificada como el deslizamiento de la Laguna Abrojo se debe realizar un equipamiento adicional para monitorear los desplazamientos del terreno. En este orden de ideas se debe complementar el sistema de alerta temprana con levantamientos topográficos ejecutados regularmente en puntos establecidos para monitorear los desplazamientos del terreno y tener una referencia del comportamiento de los desplazamientos diferenciales del área. Además, se recomienda colocar deformímetros en la zona identificada con mayor inestabilidad y que se encuentra en el margen izquierdo del río Abrojo para que complemente los levantamientos topográficos, además se puede equipar la zona con mayores evidencias de movimientos de tierra con inclinómetros y sensores de aceleraciones, en la zona del cañón del río Abrojo se recomienda instalar sensores acústicos frente a la ladera con mayor inestabilidad de la margen izquierda. Se puede complementar esta vigilancia con piezómetros para identificar la profundidad del nivel subterráneo de agua, el cual facilita las superficies de corte de los deslizamientos, esto se puede realizar ladera arriba de la zona de las lagunas.

En el **Mapa 21** se muestra la ubicación preliminar propuesta para el sistema de alerta temprana y para la instrumentación de monitoreo.



"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

Mapa 21. Ubicación Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo

Simbología

- Poblados importantes
- Red Vial (150000)
- Rios (1 50000)

0 700 1400 2800 m

1:45 000

Sistema de Coordenadas Planas:
Costa Rica Transversal de Mercator - Datum CR05
Fecha: Noviembre, 2019
Fuente de datos:
Imagen Satelital: ESRI, 2012
Hidrología y Red vial: Atlas ITCR, 2014 (1: 50000)

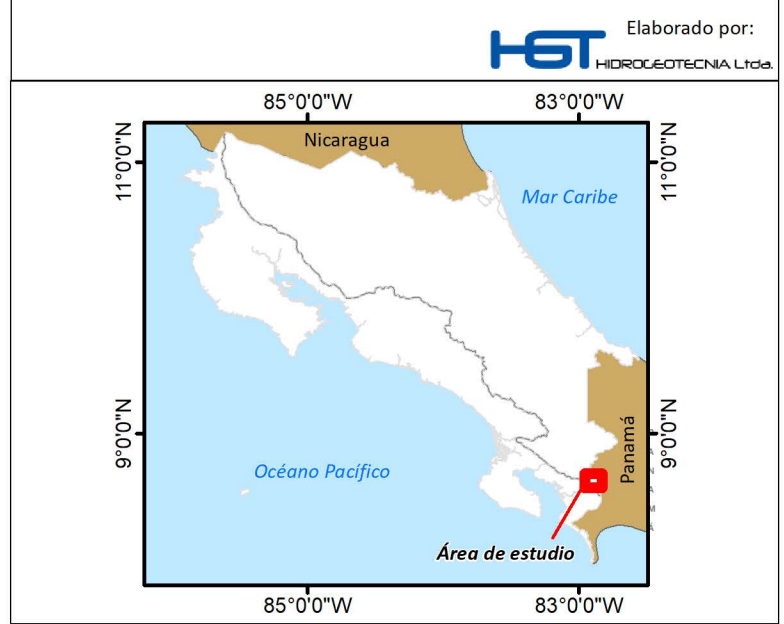
Dibujo y diseño cartográfico:
Cartóg. Katherine Padilla Umaña

Revisado y Aprobado por:
Geól. Manuel Mora Picado

Sistema de alerta temprana

Elementos

- Deformímetro y Sensores de aceleración
- Deformímetro, Sensores de aceleración e Inclínometro
- Estación fluviográfica automática
- Estación meteorológica automática
- Piezómetro
- Sensor acústico
- Punto de observación/Radio de comunicación



5.3. Capacitación comunal

Se propone la siguiente guía para desarrollar un programa de desarrollo comunal de capacidades para la gestión del riesgo en las comunidades de influencia del deslizamiento de Abrojo.

El objetivo general del desarrollo de este programa es poder brindar capacitación a las comunidades para aprender cómo desarrollar sus propias estrategias de preparación e integrar la gestión del riesgo de desastres.

Las acciones propuestas a desarrollar corresponden con las siguientes:

- a. Llevar a cabo un diagnóstico detallado de las necesidades de capacitación, capacidades actuales de las organizaciones, y materiales de capacitación para diversos públicos objetivo enfocándose en las zonas de Miramar, Abrojo Norte y Abrojo Sur.
- b. Analizar las intervenciones en eventos pasados y las lecciones aprendidas de ellas. Estas lecciones se incorporan en futuras estrategias y programas para el desarrollo de capacidades.
- c. Identificar personas de las comunidades con conocimientos en primeros auxilios, enfermería, rescate, administración con disposición a enseñar sus habilidades a la población interesada.
- d. Invitar a las instituciones y organizaciones que han realizado o tengan interés en realizar estudios sobre la zona para socializar el conocimiento o realizar capacitaciones con las poblaciones. Entre ellas, Cruz Roja, Bomberos, Universidades, Otros.
- e. Captar interesados en las comunidades para realizar cursos cortos orientados hacia la prevención y atención de emergencias, logrando el involucramiento de organizaciones comunitarias como facilitadores del proceso.
- f. Desarrollar un programa de capacitación en las escuelas con los escolares de las comunidades.
- g. Facilitar la generación de una red de personas capacitadas en las comunidades, vinculada mediante radio, teléfono fijo o servicios de mensajería.

- h. Desarrollar sistemas de monitoreo y evaluación y personal en todos los niveles y sectores.
- i. Crear una estrategia de comunicación desde la comunidad para el intercambio oportuno y la difusión de información referente a las situaciones en campo, con el fin de comunicarlo a las autoridades competentes.

5.4. Diseño de alertas y protocolos

El Sistema de Alerta Temprana (SAT) de la subcuenca del río Abrojo, está dirigido a la prevención de los pueblos de Miramar, Abrojo Norte y Abrojo Sur, que en total suman cerca de 150 familias. Como antecedentes se incorpora las recomendaciones establecidas por el Géol. Julio Madrigal en el informe IAR-INF-1071-2016-PUNTARENAS-CORREDORES-SUB-CUENCA ABROJO, de la CNE del año 2016.

Estas comunidades y principalmente algunas viviendas se ubican a lo largo del cauce del río Abrojo, donde por cercanía al cauce del río y en área plana, presentan una vulnerabilidad considerable asociada al tipo de escenario que se puede generar en la parte alta y que se desarrolló en capítulos anteriores.

Ante la posible ocurrencia de incrementos súbitos del caudal o un flujo de lodo, las cuales han sido típicas a través del tiempo en el sector, y de las cuales los mismos vecinos ya tienen pleno conocimiento sobre sus efectos en las márgenes.

Dado que, al existir, en la parte superior de la subcuenca del río Abrojo, una masa importante de terreno que se está deslizamiento incrementa la posibilidad que a futuro se originen flujos torrenciales o avalanchas, que sobrepasen las márgenes actuales de las planicies de inundación en las partes planas, donde se ubican plantaciones de palma, actividad ganadera y asentamientos humanos.

5.4.1. Funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT)

La propuesta técnica de implementación y funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para la subcuenca fue realizada por parte de Madrigal (2016) en el informe técnico de las afectaciones generadas en el área de estudio tras los efectos de tormentas tropicales.

El SAT propuesto se constituye por una Red de Observación Visual (**ROV**) de 6 radios bases operadas por colaboradores locales que transmitirán información por canal 5 o 6 a la Red de la CNE, tanto de las condiciones del tiempo en la zona, del deslizamiento y nivel del embalse, así como, de las condiciones del río.

Estas radio bases deberán estar integradas al sistema de monitoreo nacional del tiempo que realiza la CNE a través de BASE CERO tres veces al día. Además de la integración de los equipos y de la instrumentación recomendada, que brindará datos relacionados con intensidades de lluvia, niveles del cauce del río Abrojo y movimientos de la masa inestable en las cercanías de la laguna de Abrojo.

Los colaboradores que se encargarían de la operación de la ROV son vecinos y residentes de la zona y serían los encargados de proporcionar información local sobre las condiciones del tiempo y de las condiciones cualitativas del río en cada uno de sus puestos (color de las aguas, nivel de las aguas o ruidos extraños que puedan identificar que una cabeza de agua está bajando o que un represamiento se está generando).

La ubicación de las diferentes radio bases propuestas en la operación de del SAT se muestra en el **Cuadro 35**.

Cuadro 35. Ubicación de las diferentes radio bases y su importancia en el SAT

Ubicación	Importancia del sistema de radio
Poblado de Miramar	Se recomienda instalar en el poblado de Miramar una radio base. Se deberá ubicar fuera de la zona de deslizamiento, pero, en la parte superior, las observaciones serán a través de los vecinos, informarán de las condiciones del área en cuanto a lluvias e intensidad, así como, de los movimientos internos de la masa y sus efectos de ser posible.
Laguna y deslizamiento Abrojo	Se recomienda su pronta instalación y operación. Deberá realizarse observación directa de la laguna y del deslizamiento de Abrojo. Las personas tendrán la responsabilidad de estar vigilantes de las fluctuaciones del nivel de la laguna, como de cualquier desprendimiento de la parte frontal de deslizamiento y de informar a los diferentes puestos de radios aguas abajo de las condiciones y de las acciones.
Tomas de AyA de Abrojo	Equipo que se debe instalar debe ser cercano al poblado más cercano y en terreno elevado. Se deberá verificar su ubicación y evaluar su importancia.

Ubicación	Importancia del sistema de radio
Abrojo Norte (Puente vehicular N° 2)	Se requiere instalar dado su ubicación espacial. Observación directa del cauce del río Abrojo y de las condiciones del mismo, tanto en aumentos de caudales como de arrastre de troncos, sedimentos o grandes desprendimientos.
Las Busetas -Abrojo (Puente vehicular N° 1)	Se deberá de colocar una radio base. Se encargará la observación directa del cauce del río Abrojo y de las condiciones del mismo, tanto en aumentos de caudales como arrastre de troncos, sedimentos o grandes desprendimientos.
Puesto cataratas	Se deberá de instalar. El encargado se deberá hacer responsable de la observación directa del cauce del río Abrojo y de las condiciones del mismo, tanto en aumentos de caudales como arrastre de troncos, sedimentos o grandes desprendimientos.

5.4.2. Protocolo de activación de la alerta para el caso del río Abrojo

El protocolo se basa en las recomendaciones realizadas por la CNE, en el documento elaborado por el Geól. Julio Madrigal. El sistema de Alerta Temprana puede ser activado o iniciado por dos vías:

- a. Debido a un aviso meteorológico o un informe meteorológico que incluya a la zona con potencial de recibir lluvias importantes que puedan producir crecidas.
- b. Debido a observaciones locales de los operadores de la ROV que por alguna razón hayan detectado crecimiento del nivel del río o cambios en las condiciones de éste aun cuando no exista un aviso o informe meteorológico.

Base Cero emitirá una alerta preventiva vía radio a todos los puestos del sistema y al IMN, informando que se alcanzaron los niveles de precipitación en los que una avalancha podría suscitarse.

En caso de que uno de los puestos de radio bases del sistema de observación en la subcuenca confirme que se está produciendo una crecida, éste debe de inmediato informar a Base Cero y transmitir la información a los otros puestos de la cadena para darle seguimiento.

Los Comités locales de emergencia o Comunales inician la evacuación preventiva según el protocolo aprobado para la ocasión.

5.4.3. Activación de las alertas

- a. Cuando el Instituto Meteorológico Nacional envíe el primer aviso de que las lluvias aumentarán en la zona de interés caso de Corredores y alrededores, Base Cero envía el Aviso del IMN vía correo electrónico a Operaciones CNE y también lo lee vía radio a los puestos de Observación Visual.
- b. Una vez recibido el Aviso Meteorológico, los Puestos de Observación Visual, deben mantenerse vigilantes ante cualquier cambio en las condiciones del río. Si observan algún cambio lo informan a Base Cero por el Canal respectivo de comunicaciones de la CNE y también lo informan a los otros puestos de la ROV, así como, a los Comités Municipales de Emergencia por el mismo medio.
- c. Dado que el área de la subcuenca del río Abrojo, es altamente susceptible a problemas de inestabilidad y ante la incidencia de lluvias intensas, se recomienda activar el nivel de alerta verde.
- d. Si la probabilidad de afectación del fenómeno en la región es muy alta o cuando las lluvias empiecen a registrarse y se tenga certeza de que los montos serán significativos y que pueden superar los umbrales límites, el IMN enviará un informe meteorológico y tanto la CNE, como el IMN estarán pendientes de la información en tiempo real.
- e. En el momento en que se inicien desprendimientos importantes o en caso de que los observadores de la ROV detecten un incremento superior del caudal del río o de una avalancha o lluvias intensas locales, la CNE deberá estudiar la posibilidad de establecer una Alerta Amarilla para las comunidades ya identificadas.
- f. Esta Alerta Amarilla será transmitida de inmediato al radio bases del sistema y al Comité Municipal de Emergencias (CME)-Corredores, informando que existe una movilidad o desprendimientos importantes y que el nivel o caudal del río está sumamente crecido y que puede generar problemas aguas abajo.
- g. A partir de este momento (Alerta Amarilla) las radio bases enviarán un informe cada hora como mínimo o en el momento que cualquiera de las radios bases, así lo considere debido a algún cambio cualitativo o cuantitativo que sea significativo en las condiciones del río (color de las aguas, nivel de las aguas o ruidos extraños que puedan identificar que una cabeza de agua está bajando o que un represamiento se está generando). Base Cero debe informar de estos reportes al IMN, resumiendo las condiciones que informan las otras radios bases.

- h. En este segundo nivel de alerta del Sistema y con Alerta Amarilla de CNE, el Comité Municipal, deben realizar los preparativos para la evacuación según el protocolo definido localmente e informar a la población de esta alerta en caso de solicitarles una auto evacuación hacia los lugares más seguros previamente identificados por los Comités Comunales de cada sector.
- i. El sistema de Alerta en general quedará desactivado, cuando así lo determine la CNE de acuerdo a los informes de campo de los Comités y de las comunicaciones recibidas del IMN.

6. CONCLUSIONES

La subcuenca del río Abrojo, hasta el punto de control analizado, es una cuenca mediana de 38 km², con dos estaciones meteorológicas cercanas (Coto 47 y Coto 49), para las cuales se obtuvieron precipitaciones de 198 y 206mm para 50 y 100 años de periodo de retorno respectivamente.

A partir del modelo de pérdidas del SCS, se obtuvieron los caudales generados por esas precipitaciones para cada periodo de retorno analizado, cuyos caudales pico fueron de 96 y 105 m³/s para 50 y 100 años de periodo de retorno respectivamente. Es importante hacer notar que el uso del suelo predominante en la subcuenca es bosque (52%). Sin embargo, los pastos y cultivos constituyen un porcentaje importante del área (44%), lo cual aumenta la escorrentía hacia el cauce.

Geológicamente la zona está compuesta por rocas sedimentarias en una transición marina a continental, las rocas principales corresponden a la Formación Térraba y Curré. La zona está afectada por fallas paleotectónicas y neotectónicas.

El deslizamiento de la Laguna de Abrojo corresponde a una sección de una zona mayor de inestabilidad que abarca más de 237 hectáreas. El frente de este deslizamiento tiene una altura de más de 35 metros, con un espesor de material alterado y suelo de 10 metros aproximadamente y que limita con el cañón del Río Abrojo.

La zona de estudio en general presenta una susceptibilidad a los deslizamientos de moderada a muy alta, con sectores de baja susceptibilidad. Este modelo se ajusta correctamente a las evidencias levantadas en el campo, lo que valida el resultado final de aplicación de la metodología Mora Vahrson.

En cuanto a los resultados obtenidos, se concluye que el río al estar en su etapa de transición entre la zona montañosa y la llanura, todavía tiene el cauce bastante definido y poco meándrico, lo que influye en que el flujo de agua y lodo se quede mayoritariamente dentro del cauce definido por la topografía.

A pesar de lo anterior, parte de la comunidad de Abrojo Norte (la más cercana a Abrojo Sur), sí se estaría viendo afectada directamente por el flujo, con profundidades incluso alcanzando los 3-3,5 metros. Esto debido a que la comunidad se encuentra ubicada en una curva del río donde el flujo "acorta" el camino debido a su tirante y su velocidad.

La población aprendió a vivir con el riesgo, tanto en Miramar como Abrojo (Norte y Sur), lo cual no decir que se rechaza. Ya que el riesgo es no rechazado, significa que ha sido aceptado, naturalizado, ya sea deliberadamente, por error o por costumbre.

Cada comunidad tiene su propia perspectiva del riesgo. Desde la zona alta Miramar, ve con desconfianza cada lluvia, porque sabe que puede perder la mitad de su territorio, sus propiedades incluso sus vidas. Desde abajo, desde Abrojo Norte, la preocupación inmediata es la inundación, sin embargo, saben lo que ocurre arriba, puede golpearlos de manera letal en sus condiciones de vida.

La gestión del riesgo en la zona se ha trabajado de manera dispersa en cada comunidad. Lo ideal sería establecer una red de prevención y atención de emergencias en la subcuenca. De modo que el trabajo intercomunidades e intracomunidad es factible y con el mejoran la atención acerca de las amenazas.

En cuanto al tema de infraestructura, el hallazgo positivo tiene que ver con la capacidad de atención de personas damnificadas por un evento, es decir, que, en diferente grado, existen salones comunales con la capacidad de convertirse en albergues en caso de una eventual emergencia.

En el caso de Abrojo Norte y Miramar el cambio en el uso de suelo entre la actividad ganadera por el cultivo de palma aceitera, lo que conlleva a la aparición de una nueva cobertura con mayor oportunidad para la fauna.

La intervención de la municipalidad puede ser clave para la gestión del riesgo en la subcuenca del río Abrojo. El sector de mayor aislamiento detectado es Miramar, donde la intervención del gobierno local en caminos y abastecimiento de agua es relevante para mejorar su calidad de vida.

En Abrojo Norte, la forma de intervención sería a través de la gestión con la mejora de las telecomunicaciones acerca del servicio telefónico y de internet en la comunidad.

El cambio del uso del suelo hay sido un factor disparador en la erosión y escorrentía, ha creado un desequilibrio morfológico en el terreno y como consecuencia movimiento de la tierra. Un Ejemplo muy claro fue la deforestación sobre el sector de la laguna y el cultivo de la palma, generando con el pasar del tiempo cambios en el terreno como es la aparición de nuevas lagunas.

El porcentaje del sobre uso de la tierra es bajo, sin embargo, este porcentaje se da en sectores donde su carga tan excesiva se encuentra en altas pendientes, generando alta desertificación y erosión del suelo.

7. RECOMENDACIONES

Establecer mecanismos de fiscalización a nivel municipal para evitar el desarrollo de infraestructura personal y comunal en los sectores con potencial afectación de procesos de inestabilidad de laderas y de inundación. Se sabe que es difícil la reubicación de las personas que habitan la zona, pero a través de una debida fiscalización por parte de la Municipalidad, se puede evitar que se siga creciendo en sectores que ya han sido señalados como de riesgo.

Fortalecer la conformación y participación activa del Comité Cantonal de Emergencias en las comunidades de influencia bajo supervisión de la CNE. Esto con el fin de poder atender de manera adecuada la ocurrencia de una emergencia, así como lograr establecer protocolos para la prevención.

Elaborar una propuesta de instrumentación para el monitoreo del comportamiento hidráulico del río Abrojo que permita identificar un patrón de comportamiento estacional del mismo, así también para la detección de crecidas extraordinarias en caso de presentarse eventos hidrometeorológicos que impacten la subcuenca. De esta manera, se puede buscar el objetivo de establecer un sistema de alerta temprana en caso de emergencia.

De manera complementaria se recomienda el equipamiento instrumental que monitoree la topografía y desplazamientos de masas de tierra de la zona del deslizamiento de la Laguna de Abrojo para identificar posibles eventos relacionados con los deslizamientos. Dentro de esta recomendación se debe mejorar el acceso y las condiciones de comunicación de las comunidades identificadas con la aplicación de equipo radio bases y de telefonía móvil.

Realizar estudios hidráulicos sobre zonas de inundación, de estabilidad de suelos y taludes para cualquier infraestructura pública que se vaya a realizar contemplando eventos extraordinarios, para generar de manera anticipada construcciones resilientes.

Los gobiernos locales deben de ser los guías junto con otras instituciones gubernamentales, para poder crear un cambio en el uso de la tierra, no solo para favorecer el equilibrio con la naturaleza, sino apoyar a las comunidades ya que los cultivos o el ganado son el sostén de muchas comunidades. Parte de la estrategia sería considerar pago de un canon ambiental, la reforestación en aquellos lugares críticos, cambio de cultivos menos abrasivos, como el cultivo de árboles frutales, etc.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida Frazão, L., 2012: Greenhouse gas emissions and soil carbon dynamics in the Brazilian oil palm production.

Clay, J., 2004: World agriculture and the environment. Island Pre. Washington, Covelo, London: World Wildlife Fund

Edwards D.P., Hodgson J.A., Hamer K.C., Mitchell S.L., Ahmad A.H., Cornell S.J. & Wilcove D.S., 2010: Wildlife-friendly oil palm plantations fail to protect biodiversity effectively. Conservation Letters 3: 236–242

Instituto Nacional de Estadística y Censos (Costa Rica), 2011: X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda: / Instituto Nacional de Estadística y Censos. -1 ed.- San José, C.R.: INEC.

LA RED 2019: Sistema de Inventario de efectos de desastres. Recuperado de: <https://www.desinventar.org/es/>

Madrigal, J., 2016: Informe técnico, afectaciones generadas en el cantón de Corredores debido a las fuertes precipitaciones generadas a raíz de un sistema de baja presión en el Caribe y posteriormente la influencia del Huracán Otto. – 19 págs. Informe IAR-INF-1071-2016. Unidad de Investigación y Análisis del Riesgo, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, San José.

Mideplan, 2012: Plan de desarrollo humano local del cantón de Corredores 2013-2023. Recuperado en:

Ministerio de Educación Pública, 2019: Estadísticas de matrícula por centros educativos. Recuperado en:

Ministerio de Salud, 2017: Datos por Área de Salud 2017. Recuperado en: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/vigilancia-de-la-salud/estadisticas-y-bases-de-datos>

Mora, R., 2004: Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. Escuela Centroamericana de Geología UCR. San José Costa Rica.

- Mora, R., Chaves, J. y Vázquez, M., 2002: Zonificación de la Susceptibilidad al Deslizamiento: Resultados obtenidos para la Península de Papagayo mediante la modificación del método Mora-Vahrson (Mora, R., Vahrson & Mora, S., 1992). Servicios Especializados de Laboratorio de Suelos y Rocas, FUNDEVI 0960-00, Vicerrectoría de Investigación 113-A0827, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.
- Mora, R., Mora, S., 1994: Deslizamientos. En: Denyer, P. & Kussmaul, K. Atlas geológico de la Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 245-288.
- Mora, R., Vahrson, W., Mora, S., 1992: Mapa de amenaza de deslizamientos, Valle Central, Costa Rica. Centro de Coordinación para la prevención de desastres naturales en América Central (CEPRENAC).
- Mora, S., Vahrson, W., 1994: Macrozonation methodology for landslide hazard determination. Bulletin of the Association of Engineering and Geologist, 31(1), 49-58
- Organización de los Estados Americanos (1991). Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Washington, D.C.
- Recuperado en: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea57s/begin.htm#Contents>
- Segura, G., Badilla, E. y Obando, L., 2011: Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. Revista Geológica de América Central, 2(45), 101-121.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1: Listas de asistencia a los talleres de percepción de riesgo realizados en las comunidades de Miramar y Abrojo.









Proyecto

"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"



20 de octubre de 2019

HOJA DE ASISTENCIA- ABROJO

#	Nombre	Institución/ Comunidad	Cédula	Teléfono	Correo Electrónico	Firma
1	Virgilio López Castro	Abrojo Norte	5-132924	27432046		
2	Oclides Chumey A.	ADI ABROJO	5-110-364	88540764	OCLIOG0857@gmail.com	
3	Luis Veyá Alvarado	ASADA-Abrojo	5-170566	83313427	Vegaalvarado58@gmail.com	
4	Marco Grajales A.	ASADA Abrojo	1-1054695	85105787	marcograjales@hotmail.com	
5	Adriana Fonseca S	ADI Abrojo	6-394-852	88156276	Rafaeladulsur@gmail.com	
6	Lidieth Sabarín A.	DI Abrojo	6-288-047	84016980	lidiethsabar25@gmail.com	
7	Edwin García M	Azoda Abrojo N.	6-228-374	27832089		Edwin G.M
8	Epifanio Huacac	Abrojo	6-047546	89413078		
9						
10						
11						
12						
13						

Proyecto
"Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de acciones de manejo en el uso de la tierra en el área de influencia del deslizamiento de Abrojo, Comunidad de Abrojo, Cantón de Corredores"

19 de octubre de 2019

HOJA DE ASISTENCIA- MIRAMAR

#	Nombre	Institución/ Comunidad	Cédula	Teléfono	Correo Electrónico	Firma
1	Benito Juan Viquez S		6-199 4211			Benito Juan Viquez
2	Alfonso Aviles A	Miramar	159100146417			
3	Deisy Quirós S	Miramar	801260218	86928762		Deisy Q S
4	Bienvenido Martínez	Miramar	602610561			
5	Tiofilo Pimentel	Miramar		88999286		Tiofilo P
6	Kenneth Ramirez Q	Miramar	60483-0798	86657805		Kenneth RaQ
7	Lorena B J.	Miramar	6-0370-823	83055935		Lorena B.J.
8	Roxana B J.	Miramar	6-496-813			Roxana B-J.
9						
10						
11						
12						
13						

9.2. Anexo 2: Registro fotográfico de los talleres de percepción de riesgo realizados en las comunidades de Miramar y Abrojo

Taller de percepción de riesgo en la comunidad de Abrojo



Taller de percepción de riesgo en la comunidad de Miramar

