

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SU
VINCULACIÓN CON LOS RIESGOS NATURALES EN EL
DISTRITO DE BOQUETE, CHIRIQUÍ**

PRESENTADO POR:
WENDY DAYANA REQUENA FLOREZ
EC-113-882

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

**EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SU
VINCULACIÓN CON LOS RIESGOS NATURALES EN EL
DISTRITO DE BOQUETE, CHIRIQUÍ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

DR. LOURDES RUBATINO



DIRECTOR

MGTR. CRISTINA GOMEZ



ASESOR

DR. EDDY BARRAZA



ASESOR

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

DEDICATORIA

*A mis padres, por su amor incondicional, por apoyarme, motivarme y creer en mí
en cada etapa de mi vida.*

*A mi querida abuela, Lidis, quien desde el cielo me acompaña con su amor. Sé
que estaría feliz y orgullosa de este logro, y aunque hubiera deseado tenerla a
mi lado en este momento, su presencia vive en mi corazón y en todo lo que
hago.*

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza, la salud y la sabiduría para completar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo en cada paso de este camino. Gracias por ser mi mayor fuente de motivación.

A mis hermanos, por su compañía y apoyo constante a lo largo de este proceso. Su presencia ha sido fundamental en mi desarrollo personal y académico.

A mi querida profesora Lourdes Rubatino, por su guía, paciencia y compromiso como asesora de este proyecto. Su experiencia y dedicación fueron claves para la culminación exitosa de este trabajo. Gracias por compartir su conocimiento y por motivarme a superar los desafíos.

Finalmente, a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a este logro, les extiendo mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

La presente investigación estudia el cambio del uso de la tierra y su relación con los riesgos naturales, en particular deslizamientos e inundaciones en el distrito de Boquete, Chiriquí, Panamá. Esta región es muy conocida por su clima templado, su relevancia en el turismo y la producción agrícola, especialmente cultivos de café, lo cual ha contribuido a aumentar la vulnerabilidad de la población, como consecuencia a la actividad antrópica como la remoción de la cobertura boscosa, urbanización no planificada. Dichos cambios incrementan la susceptibilidad, principalmente durante la temporada lluviosa.

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que fueron útiles en el análisis de los cambios del uso del suelo entre los años 2012 a 2021, además se implementaron para identificar la vulnerabilidad de cada corregimiento ante deslizamientos e inundaciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en Boquete, la remoción de la cobertura boscosa, para dar paso a cultivos y zonas urbanas han contribuido significativamente a la degradación del suelo y el aumento de los riesgos, por lo cual se proponen estrategias para minimizar la exposición a dichos fenómenos, implementando un sistema de alerta temprana y la promoción de prácticas sostenibles del uso del suelo.

Palabras claves: Deslizamientos, Inundaciones, Usos del suelo, Riesgo, Vulnerabilidad, Susceptibilidad, Sistemas de Información Geográfica, Deforestación.

ABSTRACT

This research studies land use change and its relationship with natural hazards, particularly landslides and floods in the district of Boquete, Chiriqui, Panama. This region is well known for its temperate climate, its relevance in tourism and agricultural production, especially coffee crops, which has contributed to increase the vulnerability of the population, as a consequence of anthropogenic activity such as the removal of forest cover and unplanned urbanization. These changes increase susceptibility, mainly during the rainy season.

To carry out this research, Geographic Information Systems (GIS) tools were used, which were useful in the analysis of land use changes between 2012 and 2021, and were also implemented to identify the vulnerability of each township to landslides and floods.

According to the results obtained, in Boquete, the removal of forest cover to make way for crops and urban areas has contributed significantly to soil degradation and increased risks, so strategies are proposed to minimize exposure to these phenomena, implementing an early warning system and promoting sustainable land use practices.

Keywords: Landslides, Floods, Land use, Risk, Vulnerability, Susceptibility, Geographic Information Systems, Deforestation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE MAPAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXO	xviii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2. ANTECEDENTES.....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4. OBJETIVOS.....	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. HIPÓTESIS.....	14

1.5.1.	Hipótesis nula.....	14
1.5.2.	Hipótesis alternativa.....	14
1.6.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
1.6.1.	Alcances.....	15
1.6.2.	Limitaciones.....	17
1.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
2.1.	Usos de la tierra.....	18
2.1.1.	Definición.....	18
2.1.2.	Importancia del uso del suelo en la planificación territorial.....	18
2.1.3.	Tipos de cobertura (bosques, cultivos, áreas urbanas, etc.) y su distribución en Boquete.....	19
2.2.1.	Definición.....	21
2.2.2.	Causas del cambio de uso de la tierra.....	21
2.2.3.	Agentes transformadores del paisaje.....	22
2.2.4.	Implicaciones ambientales del cambio de uso.....	22
2.3.	Riesgos naturales.....	23
2.3.1.	Definición.....	23
2.3.2.	Clasificación de los riesgos naturales (hidrológicos, geológicos, climáticos).....	23

2.3.3. Factores que influyen en la ocurrencia de desastres naturales en zonas montañosas	24
2.4. Vinculación entre Cambio de Uso de la Tierra y Riesgos Naturales	25
2.5. Vulnerabilidad.....	26
2.5.1. Definición	26
2.5.2. Componentes de la vulnerabilidad.....	26
2.6. Suelos	27
2.6.1. Estructura del suelo	27
2.6.2. Impacto del cambio de uso de suelo en la infiltración y el escurrimiento superficial	28
2.7. Inundaciones	28
2.7.1. Definición	28
2.7.2. Tipos de inundaciones	29
2.7.3. Impactos sociales de las inundaciones.....	29
2.8. Deslizamientos	30
2.8.1. Definición y clasificación de deslizamientos.....	30
2.8.2. Tipos de deslizamientos	30
2.8.3. Factores predisponentes	31
2.8.4. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la prevención y predicción de fenómenos ambientales	32

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Territorios vulnerables a desastres naturales en Centroamérica	42
4.2. Caracterización de la zona de estudio.....	44
4.2.1. Ubicación	44
4.2.2. Superficie.....	45
4.2.3. Población	46
4.2.4. Accesibilidad	47
4.3. Condiciones geológicas.....	49
4.4. Suelos	53
4.4.1. Capacidad agrologica	53
4.4.2. Pendiente.....	58
4.4.3. Hidrología.....	60
4.4.4. Usos del suelo 2012	62
4.4.5. Usos del suelo 2021	67
4.4.6. Cambios de uso del suelo.....	72
4.5. Impacto del cambio de uso de la tierra sobre la comunidad y la población	
78	
4.5.1. Vulnerabilidad ante inundaciones	78
4.5.2. Riesgo de deslizamientos	81

4.6. Conflicto de uso del suelo	84
4.7. Impacto de la actividad antropogénica sobre el ambiente.....	87
4.7.1. Área protegida en el distrito de Boquete.....	87
4.7.2. Impacto de la actividad antropogénica sobre los recursos naturales	
88	
4.8. Percepción comunitaria sobre desastres naturales, prevención y gestión	
de riesgos.....	90
5. CONCLUSIONES	104
6. RECOMENDACIONES.....	107
7. BIBLIOGRAFÍA.....	109
8. ANEXOS	124

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Población del distrito de Boquete.....	45
Cuadro 2: Formas geológicas en Boquete y el área que abarcan.....	49
Cuadro 3: Capacidad agrológica en el distrito de Boquete.....	54
Cuadro 4: Áreas por categoría de uso del suelo 2012	63
Cuadro 5: Categorías de uso del suelo año 2021	68
Cuadro 6: Cambios de usos del suelo en Boquete.....	74
Cuadro 7: Conflictos de uso de suelo en boquete	85
Cuadro 8: Medidas propuestas por la comunidad para reducir los riesgos	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista satelital de la ubicación del distrito de Boquete	33
Figura 2: Encuesta realizada en la comunidad	40
Figura 3: Red Vial de Boquete.....	48
Figura 4: Rocas encontradas en Boquete	51
Figura 5: Topografía de Boquete.....	59
Figura 6: Red hídrica del corregimiento de Boquete	61
Figura 7: Usos del suelo Boquete.....	70
Figura 8: Cambios de usos del suelo en Boquete	73
Figura 9: Vulnerabilidad Inundaciones en Boquete	79
Figura 10: Afectaciones por deslizamientos en Boquete	82
Figura 11: Conflictos en el uso del suelo	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Población del distrito de Boquete.....	46
Gráfico 2: Proporción de la distribución de formas geológicas en Boquete.....	50
Gráfico 3: Capacidad agrológica en el distrito de Boquete.....	55
Gráfico 4: Categorías de uso del suelo 2012.....	64
Gráfico 5: Categorías de uso del suelo año 2021.....	69
Gráfico 6: Conflictos de uso de suelo en Boquete.....	86
Gráfico 7: Sexo de los Encuestados.....	91
Gráfico 8: Corregimiento de residencia de los encuestados.....	91
Gráfico 9: Nivel educativo de los encuestados.....	92
Gráfico 10: Fuente de ingresos de los participantes.....	93
Gráfico 11: Participantes que han experimentado desastres naturales.....	93
Gráfico 12: Tipo de desastre experimentado.....	94
Gráfico 13: Percepción de capacitación sobre cómo actuar ante desastres naturales.....	95
Gráfico 14: Pérdidas económicas y materiales.....	95
Gráfico 15: Tipo de Pérdidas.....	96
Gráfico 16: Percepción de la seguridad ante desastres naturales.....	97
Gráfico 17: Intensión de mudanza debido a riesgos de desastres naturales.....	98
Gráfico 18: Percepción de preparación para enfrentar desastres naturales.....	98
Gráfico 19: Recepción de capacitación sobre como actuar ante desastres naturales.....	99

Gráfico 20: Percepción de cambios en el uso del suelo en la comunidad en los últimos años	100
Gráfico 21: Percepción sobre el impacto de la deforestación y la expansión urbana	101

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Territorios vulnerables a alta ocurrencia de desastres naturales en Centroamérica	42
Mapa 2: División política del distrito de Boquete	44
Mapa 3: Red vial del distrito de Boquete	47
Mapa 4: Geología del distrito de Boquete.....	49
Mapa 5: Capacidad agrológica en el distrito de Boquete	53
Mapa 6: Clasificación de la pendiente en el distrito de Boquete.....	58
Mapa 7: Red de hídrica del distrito de Boquete.....	60
Mapa 8: Cobertura y uso del suelo en el distrito de Boquete 2012	62
Mapa 9: Cobertura y uso del suelo en el distrito de Boquete 2021	67
Mapa 10: Cambios de usos del suelo en el distrito de Boquete 2012 - 2021	72
Mapa 11: Vulnerabilidad ante inundaciones en el distrito de Boquete	78
Mapa 12: Vulnerabilidad ante deslizamientos en el distrito de Boquete.....	81
Mapa 13: Conflictos de uso de suelo en boquete.....	84
Mapa 14: Área protegida en el distrito de Boquete.....	87
Mapa 15: Impacto de la actividad antropogénica en el ambiente	88

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Análisis de riesgo de deslizamientos en Boquete, Chiriquí entre el 2 y el 8 de noviembre de 2024, considerando la precipitación acumulada y la textura del suelo.	124
Anexo 2: Preguntas realizadas durante la encuesta a Boquete	125

1. INTRODUCCIÓN

El cambio en el uso del suelo es un fenómeno global que ha cobrado relevancia en los últimos años debido a su impacto en la vulnerabilidad de comunidades y ecosistemas frente a los riesgos naturales. Este proceso es impulsado por actividades humanas destinadas a satisfacer las crecientes demandas de la población. La remoción de la cobertura boscosa para la expansión de cultivos y áreas urbanas agrava la problemática, especialmente cuando la urbanización no planificada y la falta de ordenamiento territorial generan consecuencias ambientales y sociales. Esta situación es particularmente preocupante en regiones con condiciones geográficas específicas, como el distrito de Boquete, donde recientemente ha aumentado la frecuencia e intensidad de deslizamientos e inundaciones, poniendo en riesgo la infraestructura y la vida de los habitantes (Sahagún & Reyes, 2018; López et al., 2015).

Boquete está ubicado en la región occidental de Panamá y se distingue por su topografía montañosa, con elevaciones superiores a los 3,000 metros sobre el nivel del mar, al estar asentado en la cordillera central del país. Además, cuenta con una extensa red hídrica, entre cuyos afluentes destacan los ríos Chiriquí y Caldera. Estas características, sumadas a una alta precipitación anual, hacen que la zona sea altamente propensa a deslizamientos e inundaciones, especialmente durante la temporada lluviosa (SINIA-PANAMÁ, 2023).

La relación entre el cambio de uso de la tierra y los desastres naturales ha sido ampliamente estudiada en diversas regiones del mundo. En Centroamérica, una de las zonas más vulnerables a los efectos de las variaciones climáticas, se ha identificado que factores como la deforestación, la degradación de cuencas hidrográficas y el deterioro ambiental inciden en la ocurrencia de estos fenómenos (Programa Estado Nación, 2022).

En la provincia de Chiriquí, Panamá, investigaciones previas (Santamaría et al., 2021; Requena, 2024) han evaluado áreas en peligro a sufrir desastres naturales, estableciendo la correlación entre el cambio de uso del suelo y el nivel de riesgo, así como desarrollando herramientas para mitigar sus impactos.

El objetivo de este estudio es evaluar cómo la transformación de uso del suelo contribuye a la ocurrencia de deslizamientos de tierra en el distrito de Boquete, Chiriquí. El presente análisis es fundamental para comprender el efecto de las actividades antrópicas en los ecosistemas. Asimismo, resulta crucial dar seguimiento a los cambios en el uso del suelo en dicha zona, dadas sus características topográficas. Sin embargo, hasta la fecha no existen estudios específicos que aborden esta problemática, lo que motivó la realización de la evaluación en cuestión. A través del trabajo llevado a cabo, se busca identificar el nivel de vulnerabilidad de cada área ante los desastres naturales y analizar el impacto de la dinámica del uso de la tierra en estos eventos.

Además, este estudio servirá como una herramienta para reducir el impacto de estos desastres, ya que ofrece recomendaciones orientadas a la prevención y el control de los mismos. A partir de mapas de vulnerabilidad, se espera contribuir a la implementación de medidas que protejan la vida y los bienes de los habitantes del distrito de Boquete, al tiempo que se fortalece la resiliencia de las comunidades locales.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la temporada lluviosa, el distrito de Boquete, en la provincia de Chiriquí, ha experimentado un incremento en los deslizamientos de tierra, lo que representa una amenaza para sus habitantes y genera impactos socioeconómicos considerables.

En los últimos años, diversos eventos han evidenciado esta problemática. Por ejemplo, el 21 de septiembre de 2022, un deslizamiento afectó la comunidad de Bajo Boquete, sepultando una vivienda con cuatro miembros de una familia. Además, 13 casas quedaron en riesgo debido a la tala de árboles y la construcción de un proyecto turístico. De manera similar, el 1 de febrero de 2023, un deslave bloqueó la carretera principal entre Bajo Mono y Alto Quiel, en el corregimiento de Los Naranjos, afectando el tránsito vehicular y el transporte de productos agrícolas. Estos hechos reflejan un problema persistente que se agrava con el tiempo.

La modificación del uso de la tierra es uno de los factores que contribuyen a esta situación. La remoción de la cobertura boscosa para cultivos, urbanizaciones y proyectos habitacionales altera la estabilidad del terreno, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas, aumentando la vulnerabilidad del suelo y el riesgo de deslizamientos. Como resultado, numerosas comunidades de Boquete enfrentan una amenaza creciente que compromete su seguridad y bienestar.

A pesar de la gravedad del problema, son escasos los estudios que analizan la relación entre la transformación del suelo y la ocurrencia de desastres en la región. Por ello, surge la necesidad de responder a la siguiente interrogante: ¿De qué manera la dinámica del uso de la tierra influye en la generación de desastres naturales en el distrito de Boquete, Chiriquí? Resolver esta pregunta permitirá comprender el impacto de las actividades humanas en la estabilidad del terreno y proporcionar información clave para la planificación territorial y la reducción del riesgo en la zona.

1.2. ANTECEDENTES

Los deslizamientos de tierra e inundaciones son desastres que representan un desafío creciente a nivel global, especialmente agravado por la variación del clima y las actividades humanas. Sahagún & Reyes (2018) señalan que los cambios en el uso del suelo y la pérdida de cobertura boscosa, resultado de la intervención humana, generan impactos negativos en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (López et al., 2015).

Debido al crecimiento del fenómeno de cambio de uso de la tierra a nivel global y sus consecuencias, muchos científicos en diversos países se han preocupado y realizan estudios sobre el mismo, tal es el caso de Ecuador, donde Pabón (2022) realizó el análisis de este proceso en la microcuenca del río Tabacay, afirma que los modelos de la variación en el uso y la cobertura del suelo son herramientas relevantes al momento de estudiar el territorio como espacio físico.

Además, resalta que los procesos de cambio en el uso y la cobertura del suelo de un lugar determinado van más allá del relacionamiento de estas modificaciones con elementos físicos, como la construcción de vías. La heterogeneidad de factores sociales, económicos, culturales, históricos y de otro tipo influye en la reconfiguración del terreno y en las variaciones de los patrones del paisaje, lo que complica el análisis a futuro de los cambios de uso de la tierra. No obstante, los modelos computacionales implementados son una herramienta muy utilizada y que podría proporcionar información valiosa a la hora de planificar el territorio.

Así mismo Rogger, et al. (2017) se interesaron por estudiar los impactos del cambio de uso del suelo en las crecidas a escala de cuenca, debido a la conexión que existe entre este proceso y los desastres naturales, según estos autores dicho fenómeno, tiene un efecto potencialmente muy fuerte en las inundaciones, ya que, los humanos han modificado en gran medida los paisajes.

En la última década, se han llevado a cabo estudios sobre el cambio de uso de la tierra implementando técnicas de percepción remota. Un ejemplo de ello es la evaluación realizada en el municipio de Valle de Santiago, México, donde se cuantificaron los cambios en el uso del suelo utilizando imágenes satelitales. Investigaciones apoyadas en herramientas SIG, han demostrado ser efectivos para modelar y evaluar los procesos de transformación del territorio (Pineda, 2011). En Colombia, Noriega, et al (2011) determinó el análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta con el objetivo de determinar la zona que presenta mayores riesgos a estos eventos, para lo cual se usó información secundaria obtenida a partir de revisión de literatura y de primaria generada mediante la aplicación de encuestas al total de las viviendas de la región, es decir se realizó un censo.

Por otro lado, de acuerdo con estudios realizados, Centro América es una de las regiones del mundo más vulnerables a sufrir los efectos del cambio climático, situación que se agrava debido a la acción antrópica como la deforestación, degradación de cuencas hidrográficas y del ambiente, también debemos tener en cuenta que las condiciones socioeconómicas de la población aumenta la exposición ante las catástrofes de naturales, es decir los eventos tienen un origen multifactorial. Según las estadísticas la mayoría de territorios críticos por incidencia de desastres coincide con zonas con alta densidad poblacional (Programa Estado Nación, 2022).

En el contexto de Panamá, estos fenómenos han presentado un impacto significativo en la vida humana y en la infraestructura, dado que los deslizamientos y las inundaciones son los desastres naturales más comunes, especialmente durante la temporada lluviosa, por lo que acrecienta los riesgos asociados (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). La gestión inadecuada de la tierra en áreas con fuertes pendientes y lluvias intensas ha exacerbado este problema, como lo explica Richters (1995), al señalar que la agricultura mal manejada en estas zonas aumenta la vulnerabilidad a la degradación del suelo y a la ocurrencia de catástrofes.

La provincia de Chiriquí ha sido históricamente afectada por deslizamientos de tierra, ya que se han registrado eventos trágicos. Un ejemplo de ello es el deslizamiento de 2014 en Cerro Punta, que causó 9 muertos y 200 personas afectadas (Santamaría et al., 2021).

Más recientemente, durante los huracanes Eta e Iota en 2020, el distrito también sufrió afectaciones importantes, incluyendo la obstrucción del puente en la vía Boquete - Alto Jaramillo (Ministerio de Seguridad Pública, 2020). Sin embargo, investigaciones recientes han mostrado que hasta un 90% de las pérdidas por deslizamientos podrían evitarse con medidas de prevención y control adecuado (Suárez, 1998).

El uso de instrumentos tecnológicos, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ofrece una solución moderna para reducir estos impactos, permitiendo realizar diagnósticos geoespaciales y predecir patrones futuros basados en registros históricos (Vallarino, 2021). En este contexto, estudios como el de Santamaría et al. (2021) y Requena (2024) han evaluado las áreas vulnerables a deslaves en la provincia de Chiriquí, identificando la relación entre el cambio de uso del suelo y la susceptibilidad a dichos fenómenos, además desarrollado herramientas para mitigar sus consecuencias. A nivel nacional, la dispersión de datos sobre desastres ha complicado los esfuerzos de planificación y mitigación, aunque los deslizamientos y otros eventos meteorológicos siguen siendo las principales causas de pérdida de vidas y daños económicos en el país (Rivera, 2013). La variación del uso de la tierra y la degradación de los suelos están relacionados con el aumento de las inundaciones, debido a que estas se ven exacerbadas por el deterioro de la capacidad de infiltración natural del terreno, dado al detrimento y a la eliminación de la cobertura boscosa, como lo explican Medina & Astudillo (2016).

Santamaría et al. (2021) identificaron zonas susceptibles a deslizamientos, afirmando que el impacto de las acciones antrópicas tiene una gran importancia en la ocurrencia de estos eventos, ya que, al alterar las condiciones de equilibrio del terreno es vital que este regrese a dicha situación para así reducir futuros acontecimientos. En Cerro Punta la proximidad a carreteras desempeña un papel considerable en los en dichos fenómenos, porque muchos de ocurren de las vías.

El distrito de Boquete, en Chiriquí, Panamá, ha enfrentado históricamente inundaciones significativas asociadas al desbordamiento del río Caldera, destacándose los eventos de 1970, 2005 y 2008. En 1970, una de las primeras inundaciones documentadas causó graves daños a infraestructuras, cultivos y viviendas, evidenciando la vulnerabilidad de la región. Para 2005, la expansión agrícola y urbana había alterado la cobertura vegetal y la capacidad de absorción del suelo, agravando los efectos de las inundaciones y generando cuantiosas pérdidas económicas, especialmente en los cultivos de café y hortalizas. En 2008, otro evento severo reforzó la necesidad de estudiar la relación entre el cambio de uso de la tierra y los riesgos naturales, ya que la deforestación y la construcción en zonas inundables aumentaron la escorrentía superficial y redujeron la capacidad del suelo para absorber el agua. Estos fenómenos han tenido un impacto social, económico y ambiental profundo, incluyendo desplazamientos comunitarios, daños a la infraestructura, pérdidas agrícolas y degradación de los ecosistemas locales (Diéguez, 2020).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Es fundamental monitorear el cambio de uso de la tierra en la región de Boquete, ya que, nos permite comprender la forma en que las actividades antrópicas como la agricultura y urbanización afectan los ecosistemas, generando impactos ambientales y sociales, favoreciendo la ocurrencia de fenómenos entre los que destacan los deslizamientos e inundaciones, que ponen en peligro la integridad de las comunidades locales, debido a que provoca la pérdida de vidas humanas, daños a la propiedad, infraestructura vial y afectaciones en los servicios públicos. Aunque es relevante dar seguimiento a la dinámica de uso del suelo, especialmente en esta zona porque las características topográficas que presenta el terreno aumentan el riesgo de sufrir catástrofes naturales, dado que no existen estudios que aborden dicha temática, la presente investigación, busca identificar los niveles de vulnerabilidad de cada una de las zonas ante los deslaves y evaluar la influencia de la variación de cobertura del territorio en la incidencia de los mismos.

El estudio tiene como objetivo minimizar las pérdidas asociadas a los desastres naturales mediante la formulación de estrategias de prevención y control. Estas acciones permitirán proteger la vida y los bienes de los habitantes del distrito de Boquete, reducir los impactos negativos y fortalecer la resiliencia comunitaria. Asimismo, se desarrollará una herramienta práctica para evaluar el riesgo de deslizamientos e inundaciones, facilitando la toma de decisiones tanto para el personal de SINAPROC en situaciones de emergencia y cualquier ciudadano que necesite esta información.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el cambio de uso del suelo y su vinculación con los riesgos naturales en el distrito de Boquete, Chiriquí.

1.4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar los cambios de uso del suelo en el distrito de Boquete durante los años 2012 al 2021.
- Identificar las áreas con mayor vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales en el distrito de Boquete.
- Proponer estrategias de planificación y gestión del uso del suelo para mitigar el riesgo de deslizamientos e inundaciones en el distrito de Boquete, Chiriquí.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis nula

El cambio de uso del suelo producido por actividades antrópicas no tiene un impacto significativo en la incidencia de los deslizamientos de tierra en el distrito de Boquete, Chiriquí.

1.5.2. Hipótesis alternativa

El cambio de uso del suelo producido por actividades antrópicas contribuye significativamente a la incidencia de los deslizamientos de tierra en el distrito de Boquete, Chiriquí.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1. Alcances

Este estudio proporciona un análisis detallado de la relación entre el cambio de uso del suelo y la incidencia de desastres naturales en el distrito de Boquete, Chiriquí. A través del uso de herramientas SIG y técnicas de análisis geoespacial, se identificaron áreas de mayor vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones, lo que permite generar información clave para la gestión del riesgo en la región.

Los resultados obtenidos pueden ser utilizados por entidades como el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), gobiernos locales y organizaciones ambientales para la planificación territorial, el desarrollo de estrategias de mitigación y la formulación de políticas de uso del suelo que reduzcan la exposición a desastres. Asimismo, los mapas georreferenciados de vulnerabilidad sirven como herramientas de consulta para la comunidad, permitiendo a los residentes conocer el nivel de riesgo en sus zonas de residencia y tomar decisiones informadas en caso de eventos climáticos extremos.

El presente estudio también sienta las bases para investigaciones futuras en la región, facilitando la comparación de datos en el tiempo y contribuyendo al diseño de modelos predictivos más avanzados. Sin embargo, su aplicabilidad está sujeta a la disponibilidad y actualización de la información sobre deslizamientos, inundaciones y cambios en la ocupación del territorio.

En términos de replicabilidad, la metodología empleada puede ser aplicada en otras áreas con características geográficas y climáticas similares, ajustando los parámetros de análisis a las particularidades de cada territorio.

1.6.2. Limitaciones

Uno de los principales desafíos de este estudio fue la ausencia de un registro detallado y sistemático de deslizamientos e inundaciones en el distrito de Boquete, lo que dificultó la validación cuantitativa del análisis. La falta de bases de datos oficiales sobre estos eventos impidió una comparación más precisa entre los resultados del modelo y la ocurrencia real de desastres. En su lugar, se recurrió a fuentes alternativas, como reportes de noticias y registros gubernamentales, lo que, si bien permitió cierta verificación histórica, no garantiza una cobertura exhaustiva de todos los incidentes.

Además, se enfrentaron limitaciones debido a la falta de datos de acceso libre para investigadores o estudiantes, en particular, capas de cobertura boscosa y uso del suelo de años anteriores a 2012 y posteriores a 2021. La carencia de esta información dificultó el análisis detallado de los cambios en la ocupación del territorio y su influencia en la vulnerabilidad del distrito.

A pesar de estas limitaciones, se implementaron estrategias para mejorar la precisión del estudio, como el uso de datos de suelos, la validación con eventos históricos y la verificación en campo. No obstante, la disponibilidad de datos más detallados, como registros oficiales de desastres, información actualizada sobre infraestructura de drenaje pluvial y estudios geotécnicos específicos, podría optimizar aún más los resultados y permitir un análisis más robusto de los factores de riesgo en futuras investigaciones.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Usos de la tierra

2.1.1. Definición

El término uso de la tierra se refiere a la manera en que la sociedad, a través de actividades económicas como la agricultura, la ganadería, el uso urbano o el recreativo, emplea la cobertura del suelo, mientras el concepto cobertura del suelo hace referencia al estado biofísico de la superficie terrestre o a las características del terreno (Rico & Rico, 2014).

2.1.2. Importancia del uso del suelo en la planificación territorial.

La planificación de los usos del suelo se entiende como la serie de acciones que buscan identificar, orientar y ejecutar el tipo de aprovechamiento que la sociedad debe realizar del territorio, con el fin de poder permitir las actividades humanas que satisfagan las necesidades de la población, dentro de un marco de respeto por las limitaciones ambientales y en una perspectiva de largo plazo. Se trata así de disponer el proceso de utilización del espacio por parte de la comunidad. La ordenación de la zona cumple dos tareas principales, entre las que se encuentran limitar o incentivar la intensidad de uso de una región y minimizar los impactos negativos y fomentar los positivos relacionados con un uso determinado de un área.

El plan de usos del suelo esta concreto en un plano con la zonificación y un texto reglamentario que señala el uso al que se puede o no destinar un espacio determinado y, en caso de que, si se pueda emplear, las limitaciones para ello si las hay (Alcaldía de Neiva, Oficina de Planeación Municipal, & Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura, s.f.).

2.1.3. Tipos de cobertura (bosques, cultivos, áreas urbanas, etc.) y su distribución en Boquete.

- **Bosque:** Incluye áreas cubiertas por bosques primarios y secundarios, caracterizados por una densa vegetación natural. También se consideran los bosques de mangle en zonas húmedas y ribereñas. Estos lugares desempeñan un papel clave en la preservación de la biodiversidad, la conservación de las fuentes de agua y la captura de carbono (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 2020).
- **Superficie de agua:** Representa ríos, lagos, quebradas y otras fuentes hídricas naturales o artificiales. Estas superficies son vitales para el suministro de agua potable, el riego agrícola, la generación de energía en la central hidroeléctrica la estrella y el ecosistema acuático local (Fundación Canal, 2011).
- **Pastos y rastrojos:** Comprende tierras que han sido deforestadas y que por la regeneración natural están recuperando su cobertura boscosa, pero que no logran cumplir con los requisitos para considerarse bosques. Estas áreas contribuyen a la recuperación de suelos (García, 2011).

- **Cultivos:** Esta categoría incluye terrenos dedicados a la producción agrícola, como plantaciones de vegetales, frutales y cultivos anuales o perennes. Estas áreas son fundamentales para la seguridad alimentaria y la economía local, destacando la el cultivo de café, hortalizas y flores, productos típicos del distrito de Boquete.
- **Área poblada e infraestructura:** Comprende zonas urbanizadas con edificaciones residenciales, comerciales e industriales. También incluye infraestructura vial, carreteras, puentes, servicios públicos y equipamientos como escuelas, hospitales y espacios recreativos. Estas áreas son centros de actividad económica, social y cultural.
- **Afloramiento rocoso y tierra desnuda:** Incluye terrenos donde predominan formaciones rocosas expuestas y áreas sin cobertura vegetal significativa. Suelen ubicarse en pendientes escarpadas o en regiones en las que el suelo es delgado o ha sido erosionado. Estas zonas pueden tener un valor geológico o paisajístico, aunque presentan limitaciones para usos agrícolas o urbanos.

2.2. Cambio de uso de la tierra

2.2.1. Definición

El cambio en el uso de la tierra se refiere a los cambios en el manejo de la cobertura del suelo y sus atributos, lo cual ocasiona una transformación de la apariencia física en el paisaje natural de un territorio determinado (Montero & Viales, 2015).

2.2.2. Causas del cambio de uso de la tierra

Dentro de las causas del cambio de uso de la tierra se encuentran la tala de árboles, si tras la cosecha de madera no se permite la regeneración natural del bosque (FAO, s.f.). Las actividades productivas tal como la agricultura y la ganadería son también fuerzas responsables de la dinámica del paisaje (Montero & Viales, 2015).

La urbanización es una de las principales fuerzas que impulsa la transformación de los sistemas de uso del suelo, ya que implica la conversión de terrenos no urbanizados en áreas urbanas. Gran parte de la expansión urbana contemporánea se caracteriza por una ocupación extensa del suelo para usos urbanos, lo que genera efectos perjudiciales para el medio ambiente. Sin embargo, la variación en el uso de la tierra puede ocurrir de diversas maneras, en términos de diseño, densidad de construcción y velocidad de cambio, entre otros factores (Nuisl & Siedentop, 2021).

2.2.3. Agentes transformadores del paisaje

El agente transformador puede ser un ciudadano, una compañía, un gobierno, una entidad o cualquier otro actor involucrado en el manejo del territorio. A partir del conocimiento de la cobertura del suelo, el usuario selecciona formas de uso de la tierra que alteran la cobertura y que, por lo tanto, pueden alterar también las condiciones económicas, políticas, sociales, institucionales y ambientales (Montero & Viales, 2015).

2.2.4. Implicaciones ambientales del cambio de uso

Debido a la tendencia al aumento del cambio de uso del suelo, se constituye como una amenaza para los remanentes de los ecosistemas actuales, en los que, además, serán mermados los servicios ambientales que proveen ante la creciente demanda de la población local, nacional e incluso internacional (Pérez et al., 2020).

La deforestación y otros cambios de uso de la tierra son algunas de las causas de la decadencia de los recursos forestales y el desgaste ambiental en escalas locales, regionales y globales. Esto impacta directamente en la pérdida de valores culturales y estéticos de una región, aumento de la disminución de nutrientes y reducción de la fertilidad de este recurso (Rico & Rico, 2007). Mi Ambiente (2021) afirma que los principales problemas que presentan los suelos panameños, según un estudio Cualitativo de Consulta Nacional sobre el estado de la degradación del terreno; realizada en el 2016 – 2017, son: erosión hídrica y eólica, descomposición biológica y deterioro físico y químico del suelo.

2.3. Riesgos naturales

2.3.1. Definición

Los riesgos naturales son elementos del medio ambiente que son peligrosos para el hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él, es decir aquellos fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano (OEA, s.f.).

2.3.2. Clasificación de los riesgos naturales (hidrológicos, geológicos, climáticos).

Según Llasat (2012) es posible diferenciar los riesgos hidrometeorológicos en los que la peligrosidad está exclusivamente vinculada a las condiciones meteorológicas, aquellos que incluyen otros factores de carácter natural, y los que, finalmente, están muy afectados por la intervención humana. Entre los primeros se encuentran los temporales de viento, las olas de aire frío o de calor, los tornados y huracanes, el granizo y las nevadas extraordinarias, las lluvias intensas y las tormentas eléctricas.

En un segundo lugar se hallarían aquellos en que intervienen otros factores, ya sean naturales o antrópicos, como los aludes (geología-meteorología); los deslizamientos producidos por lluvia (meteorología-geología), y los temporales de mar (meteorología-oceanografía); y los grandes incendios forestales (meteorología-biología-silvicultura). Algunos de estos riesgos, como los deslizamientos, las sequías y las inundaciones (meteorología-hidrología), son considerados por La

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres como “riesgos socio-naturales”, denominación que hace referencia al fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e hidrometeorológicas, que surgen de la interacción de los peligros con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados.

2.3.3. Factores que influyen en la ocurrencia de desastres naturales en zonas montañosas

En las zonas montañosas, los movimientos de tierra son las amenazas más significativas, los daños a bienes y pérdida de vidas se relacionan aquí con la inestabilidad de las vertientes: deslizamientos, derrumbes, flujos. El movimiento de tierras ocurre cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo al incrementarse el esfuerzo cortante (sismos), al caer la oposición al corte del suelo (saturación). Los parámetros que influyen en el desequilibrio son el tipo de material, es decir roca, capa alterada y cobertura, la pendiente en lo que influye significativamente el gradiente, forma y longitud, condiciones hidrológicas, ya que, la infiltración, permeabilidad y la cantidad de agua son factores sumamente importantes, además los procesos geomorfológicos tales como la erosión fluvial e hídrica y los desplazamientos de masas (Escobar, s.f.).

2.4. Vinculación entre Cambio de Uso de la Tierra y Riesgos Naturales

Debido a que el cambio de uso de suelo incrementa la vulnerabilidad a desastres, los territorios están sujetos a presiones ambientales que provocarán impactos asociados con la variabilidad del clima y a las condiciones de vida de los habitantes que viven tanto en las zonas rurales como en las urbanas. Ante este panorama, es primordial identificar y analizar los fenómenos de variación del uso de la tierra que ocurren al asociar los procesos que inciden en su ocupación actual.

Es primordial resaltar que el cambio de uso de la tierra contribuye a las inundaciones, ya que, los suelos se degradan y pierden su capacidad natural de infiltración, este fenómeno se presenta cuando una alta precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración del flujo en sitios donde usualmente no la hay (CENAPRED, 2019), mientras que un deslizamiento ocurre se rompe o pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera y se deslizan (Medina & Astudillo, 2016), en dicho caso es impulsado por la pérdida de la estabilidad de los terrenos al remover la cobertura boscosa que cumple un rol de amarre con sus raíces.

2.5. Vulnerabilidad

2.5.1. Definición

La vulnerabilidad se refiere a las características y las circunstancias propias de comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza en particular (OMS, 2009).

2.5.2. Componentes de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad es función de tres componentes principales: la exposición ante amenazas, socio naturales o antrópicas; la sensibilidad o fragilidad de los elementos expuestos y la capacidad de adaptación o recuperación.

La exposición como componente de la vulnerabilidad se refiere al nivel donde ecosistemas, población, infraestructuras y sistemas de producción se encuentran en zonas de incidencia potencial de las amenazas consideradas en el análisis, mientras que la fragilidad hace referencia al grado de susceptibilidad propia de los elementos expuestos a ser afectados por una magnitud estimada de la amenaza, tenemos que los componentes de la fragilidad son el físico, el socioeconómico y el ambiental.

Por último, la facultad de respuesta y adaptación se relaciona con la posibilidad de las comunidades para atender, asumir, recuperarse y adaptarse ante grandes variaciones en sus condiciones normales de vida, producto de un desastre. Esto está determinado por aspectos como niveles de gobernabilidad, nivel cultural, habilidad de ordenación y gestión ambiental del territorio, grado de preparación y diseño de planes de manejo de emergencias y mitigación del riesgo, potencial de

endeudamiento, capacidad de ahorro y transferencia de riesgos mediante pólizas de aseguramiento, entre otros aspectos (Vera & Albarracín, 2017).

2.6. Suelos

Según FAO (s.f.) el suelo se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas, se puede definir también como un cuerpo natural que está formado por capas u horizontes compuestos de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El mismo es el producto final de la acción del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de elementos parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

2.6.1. Estructura del suelo

La estructura del suelo se define como la capacidad que tiene la masa de disgregarse por sí misma en separaciones de distintas formas y tamaños, la cual se puede evaluar mediante la estabilidad de los agregados (Bernal & Hernández, 2017).

2.6.2. Impacto del cambio de uso de suelo en la infiltración y el escurrimiento superficial

El cambio del uso de la tierra en el territorio de una cuenca afecta directamente la infiltración y escurrimiento superficial de agua, alterando el balance del ciclo hidrológico. Por lo que estimar parámetros de infiltración y escurrimiento por tipo de uso de suelo y vegetación, es fundamental para diferenciar el impacto que ejerce la dinámica del uso de este recurso, sobre el balance hídrico de la misma (Lozano et al., 2018).

2.7. Inundaciones

2.7.1. Definición

Hablamos de inundación, cuando se presentan lluvias intensas sobre las cuencas, el agua escurre rápidamente y se concentra en arroyos y quebradas; se caracteriza por la gran velocidad del flujo y un considerable caudal que arrastra en su recorrido cantidad de partículas sólidas, que puede afectar grupos humanos causando en muchos casos muertes humanas, pérdida de animales, cultivos y viviendas (Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, 2000).

2.7.2. Tipos de inundaciones

Las inundaciones son los desastres naturales que con mayor frecuencia azota a la población panameña, principalmente en época lluviosa. Los tipos de inundación que se presentan más frecuentemente son las repentinas que se caracterizan porque ocurren en un tiempo muy corto. Las aguas desarrollan grandes velocidades y un gran caudal, mientras que las inundaciones lentas tienen lugar cuando el flujo proveniente de lluvias o del desbordamiento de una corriente de agua cubre poco a poco zonas cercanas a su cauce, anegando, es decir, llenando de agua las planicies y valles que rodean el río, así como a las viviendas, construcciones, lotes y cultivos entre otros (Servicio Nacional de Aprendizaje & Cruz Roja Colombiana, s.f.).

2.7.3. Impactos sociales de las inundaciones

Las pérdidas económicas derivadas de las inundaciones son significativas; se estima que estas pueden llegar a ser millonarias, ya que, anualmente se sufren daños en infraestructuras, cultivos y propiedades, esta situación no solo afecta la economía local, sino que también limita las oportunidades de desarrollo y mejora para las poblaciones que año tras año viven dicha problemática (CEPAL, 2020). Asimismo, la incapacidad de las comunidades para recuperarse con rapidez de las inundaciones perpetúa un ciclo de pobreza crónica, ya que, a pesar de las dificultades, mudarse no es una opción factible para muchas familias que han invertido en sus viviendas (Oxfam, 2024). Por lo tanto, las avenidas no solamente presentan un desafío inmediato, sino que además generan repercusiones duraderas en la estabilidad económica y social de los grupos humanos afectados.

2.8. Deslizamientos

2.8.1. Definición y clasificación de deslizamientos.

Los deslizamientos son desplazamientos cuesta abajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie vulnerable a ruptura. Con frecuencia, la formación de grietas transversales es la primera señal de la ocurrencia de este tipo de movimientos, las cuales se localizan en la zona que ocupará el escarpe principal (Alcántara, 2000).

2.8.2. Tipos de deslizamientos

Debido a que la superficie de ruptura define el tipo de deslizamiento, se tiene que las superficies curvas, cóncavas o en forma de cuchara están asociadas a deslizamientos rotacionales, las superficies de ruptura semiplanas u onduladas a los movimientos traslacionales y las áreas planas a los deslizamientos planos.

En los deslizamientos rotacionales, los bloques ubicados en la parte superior se inclinan hacia atrás, el escarpe principal generalmente es vertical, en estos casos la masa desplazada se acumula ladera abajo y su deformación interna es de muy bajo grado. Desplazamientos posteriores a la inicial, pueden ocasionar el retroceso progresivo de la corona. La velocidad y extensión de este tipo de movimientos es muy variable, por otro lado, los deslizamientos traslacionales son menos profundos que los de rotación, y al igual que los planos, involucran un movimiento paralelo a la superficie, el cual está en gran medida controlado por superficies de debilidad de los materiales formadores (Alcántara, 2000).

2.8.3. Factores predisponentes

Para que se produzca el desequilibrio y ocurra el movimiento de una masa de suelo deben intervenir y modificarse de forma conjunta varios factores. Aunque las formas de la superficie terrestre se pueden considerar como resultantes de procesos dinámicos, que está en constante cambio, a la escala de tiempo en la que se producen estos movimientos del terreno, a algunos de los elementos que intervienen en ellos se les puede conceptuar como constantes o con poca variabilidad a lo largo de los años y, a otros, como parámetros que sufren modificaciones con cierta periodicidad.

Los primeros, son denominados de carácter pasivo, condicionan y conforman el tipo de rotura y su mecanismo. Por otro lado, los factores cambiantes interfieren sobre los anteriores, modificándolos y desencadenando la inestabilidad y puesta en desplazamiento del terreno, además de determinar, en muchos casos, la magnitud del proceso. Por lo tanto, los elementos constantes son la naturaleza de los materiales, la relación estructura-ladera, la pendiente topográfica y la vegetación, mientras que los variables son el clima, la meteorización, el agua, la erosión, la sismicidad de la zona y las acciones antrópicas (GVA, s.f.).

2.8.4. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la prevención y predicción de fenómenos ambientales

En la actualidad los efectos producidos por estos fenómenos se pueden reducir mediante la prevención y predicción, gracias al uso de las bondades de los Sistemas de información Geográfica (SIG), ya que, esta es una herramienta muy útil a la hora de realizar análisis geoespaciales que nos permiten establecer diagnósticos de las condiciones actuales de la cobertura, pendiente, entre otras características en una zona y además predecir el patrón de comportamiento a futuro, en base con los datos registrados en el pasado (Vallarino, 2021).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en Boquete, ubicado en la provincia de Chiriquí, en la región occidental de Panamá, cuenta con una superficie de 489 km² y gran parte de la misma se encuentra asentada en la cordillera de central, presenta elevaciones superiores a 800 msnm. La altura máxima del distrito corresponde al Volcán Barú, con 3,475 metros sobre el nivel del mar. Es atravesado por importantes ríos como el Chiriquí y el Caldera, el clima predominante en esta zona es templado con estación seca, debido a la influencia de la altitud (SINIA, 2023).

Figura 1: Vista satelital de la ubicación del distrito de Boquete



Fuente: Esri, 2024.

Se seleccionó el distrito de Boquete, Chiriquí para llevar a cabo la presente investigación debido a que su topografía es accidentada y tiene una alta precipitación anual aumentando su vulnerabilidad a deslizamientos de tierra, además se tuvo en cuenta su importancia para la producción agrícola y creciente desarrollo turístico en la región.

Establecer la relación entre el cambio de uso del suelo y la incidencia de deslizamientos e inundaciones en la zona, nos permitió cuantificar la asociación entre las variables y determinar si existe una correlación positiva o negativa entre las mismas, también se analizó como dicho vínculo contribuye en el aumento de la vulnerabilidad de la comunidad ante estos acontecimientos (Hernández et al., 2014). El enfoque es mixto, ya que, el estudio se sustenta en la recolección de datos geográficos, topográficos y satelitales que fueron analizados por técnicas geoespaciales, además se tiene en cuenta la interpretación de la percepción comunitaria (Creswell, 2024).

La variable dependiente en este estudio es la ocurrencia de desastres naturales, analizada en términos de vulnerabilidad asociada a deslizamientos e inundaciones. En nuestro caso la evaluación se realizó a partir de las variables independientes: cobertura y uso del suelo, pendiente del terreno, e hidrografía (proximidad a ríos). Estas capas se seleccionaron porque la literatura científica (Arif, 2022) ha demostrado que las variaciones en estos factores influyen significativamente en la incidencia de catástrofes.

Se consideró el uso de la tierra, debido a que la deforestación y la urbanización no planificada, eleva la susceptibilidad a deslizamientos al perturbar la estabilidad

de las laderas, en las inundaciones al reducir la capacidad de infiltración de los suelos. La pendiente del terreno es un factor determinante en la generación de escorrentía y la erosión del suelo, lo que incrementa el riesgo de deslizamientos e inundaciones, mientras que la cobertura vegetal (Medina & Astudillo, 2016) desempeña un rol clave en la protección del recurso y la regulación del ciclo hidrológico, por lo que su pérdida aumenta la vulnerabilidad a ambos tipos de desastres.

Los datos meteorológicos, en particular las altas precipitaciones (Guzzetti et al., 2007), son un factor desencadenante de deslizamientos e inundaciones, dado que las lluvias intensas pueden saturar el suelo y generar escorrentía superficial.

El procedimiento que se llevó a cabo para recopilar información se centró en la obtención de capas de datos geográficos de cuencas hidrográficas, provincias, corregimientos, distritos, edificios, ríos y usos de suelo de Panamá en conjunto con el modelo digital de elevación de NASA a partir de registros del Ministerio de Ambiente y Smithsonian, además el análisis de archivos digitales del Instituto de Estadística y Censo, para extraer estadísticas relacionada con la población.

Para llevar a cabo el análisis de datos, se aplicó el programa ArcGIS Pro. De acuerdo con Hernández et al. (2022), el estudio del cambio de uso de la tierra mediante imágenes satelitales y SIG facilita cuantificar la modificación del territorio y valorar su impacto en la susceptibilidad a desastres. Considerando que la presente investigación busca determinar la exposición a deslizamientos e inundaciones en el distrito de Boquete, se implementó el análisis geoespacial a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta metodología permite

combinar diversos tipos de datos, como la topografía, el uso del suelo y la red hídrica, para identificar áreas vulnerables y examinar la fragilidad ante desastres naturales (UNESCO, 2018).

El procedimiento inició con la extracción del distrito de Boquete a partir de la capa de distritos de Panamá, utilizando la herramienta Extracción por Máscara. Esto permitió definir el área de estudio y emplearla para recortar las capas previamente descargadas: uso del suelo, capacidad agrológica, edificios, geología, zonas de vida y corredores biológicos.

Además, se generaron las capas de ríos y pendientes a partir del modelo de elevación digital. Junto con la capa de uso del suelo de 2021 y de edificios de Panamá, estas fueron utilizadas para evaluar la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones, asignando pesos específicos a cada variable.

Para el análisis de inundaciones, se aplicó la herramienta Zona de Influencia, delimitando el área de impacto de los ríos y determinando qué viviendas se encontraban dentro de dicha región. Posteriormente, esta capa se incorporó en la Superposición Ponderada, en lugar de la red de drenaje, permitiendo una evaluación más precisa del riesgo de inundación.

La ponderación de las variables en el análisis de superposición ponderada se realizó en función de la relevancia de cada factor en la generación de inundaciones y deslizamientos en el distrito. Dado que no se contaba con información previa sistematizada sobre estos eventos, la asignación de pesos se ha basado en el conocimiento empírico de eventos registrados en noticias y el criterio técnico de profesionales sobre los factores que influyen en estos desastres.

Peso de las variables en el análisis de inundaciones

- **Proximidad a ríos - 50%:** Es el factor con mayor peso, ya que la cercanía a cuerpos de agua es el principal determinante de la susceptibilidad a inundaciones.
- **Uso del suelo - 30%:** La presencia de zonas urbanizadas sin drenaje adecuado o con suelos impermeables contribuye a la acumulación de agua.
- **Pendiente del terreno - 15%:** Si bien la pendiente suele asociarse con deslizamientos, en zonas con baja pendiente, el agua tiende a estancarse, aumentando el riesgo de inundación.
- **Densidad de edificaciones - 5%:** La densidad constructiva puede influir en la severidad de una inundación, pero su impacto es menor en comparación con los otros factores.

Peso de las variables en el análisis de deslizamientos

- **Pendiente del terreno - 40%:** La inclinación del terreno es el factor dominante en la ocurrencia de deslizamientos, ya que suelos en pendientes pronunciadas son inestables.
- **Uso del suelo - 30%:** La deforestación o urbanización inadecuada aumenta la vulnerabilidad del terreno a deslizamientos.
- **Densidad de edificaciones - 20%:** La carga adicional por construcciones puede contribuir al colapso de laderas.
- **Proximidad a ríos - 10%:** Aunque tiene una influencia menor que en el análisis de inundaciones, la erosión fluvial puede desestabilizar taludes.

Para obtener los valores de las áreas de las diferentes categorías de uso del suelo y los cambios en su distribución, se utilizaron las herramientas exportar tabla y tabla a excel en ArcGIS Pro. Estas permitieron extraer la información de las tablas de atributos de las capas correspondientes y transferirla a Excel para su análisis y comparación entre los años 2012 y 2021.

Además, se generó la capa de conflictos de uso de la tierra mediante la calculadora ráster, combinando la capa de capacidad agrológica con la de uso del suelo 2021. Este proceso permitió identificar áreas donde el uso actual del suelo no es compatible con su capacidad agrológica, lo que facilita la evaluación de posibles impactos y riesgos asociados a la ocupación del territorio.

UNESCO (2018) afirma que los mapas de riesgo generados a partir del análisis geoespacial y estadístico son herramientas esenciales para la gestión del peligro de desastres, ya que, permiten visualizar la distribución espacial de la vulnerabilidad y priorizar las acciones de prevención y mitigación, por lo cual, finalmente, el análisis de vulnerabilidad se realizará teniendo en cuenta el nivel de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación para afrontar los desastres (Cardona, 2001).

Por lo cual, se crearon los mapas de vulnerabilidad georreferenciados, mediante el uso de la herramienta Nuevo Diseño de ArcGIS Pro (Esri, s.f.), que servirán como herramientas para la prevención de tragedias y dar conocimiento a la comunidad del nivel de vulnerabilidad en el cual se encuentran sus viviendas. Además, se realizaron mapas adicionales para representar gráficamente las características del distrito, los usos del suelo, los cambios en la cobertura del suelo y la identificación de áreas de alto riesgo de deslizamientos e inundaciones. Entre los mapas generados se incluyen el mapa de cambios de uso del suelo en el periodo 2012-2021, el mapa de red hídrica, el mapa de clasificación de pendiente, el mapa de capacidad agrológica y el de conflictos de usos del suelo, los cuales permiten una visión integral de los factores que contribuyen a la vulnerabilidad del distrito.

Gracias al análisis de datos, se obtuvieron capas, cuya información generada fue transmitida mediante mapas que fueron confeccionados con la herramienta Insertar Diseño (Esri, s.f.). Esto servirá a la comunidad para estar alerta en caso

de fuertes lluvias en las zonas consideradas de alto riesgo. Además, se formularon algunas recomendaciones enfocadas en promover el uso sostenible del suelo en áreas muy vulnerables a desastres naturales.

Figura 2: Encuesta realizada en la comunidad & aplicación ArcGIS Survey123



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Finalmente, en el presente estudio se llevaron a cabo diversas estrategias para validar los resultados y mejorar la confiabilidad del análisis. Se realizó un trabajo de campo para verificar *in situ* las zonas identificadas como vulnerables, lo que permitió contrastar la modelación con la realidad del territorio.

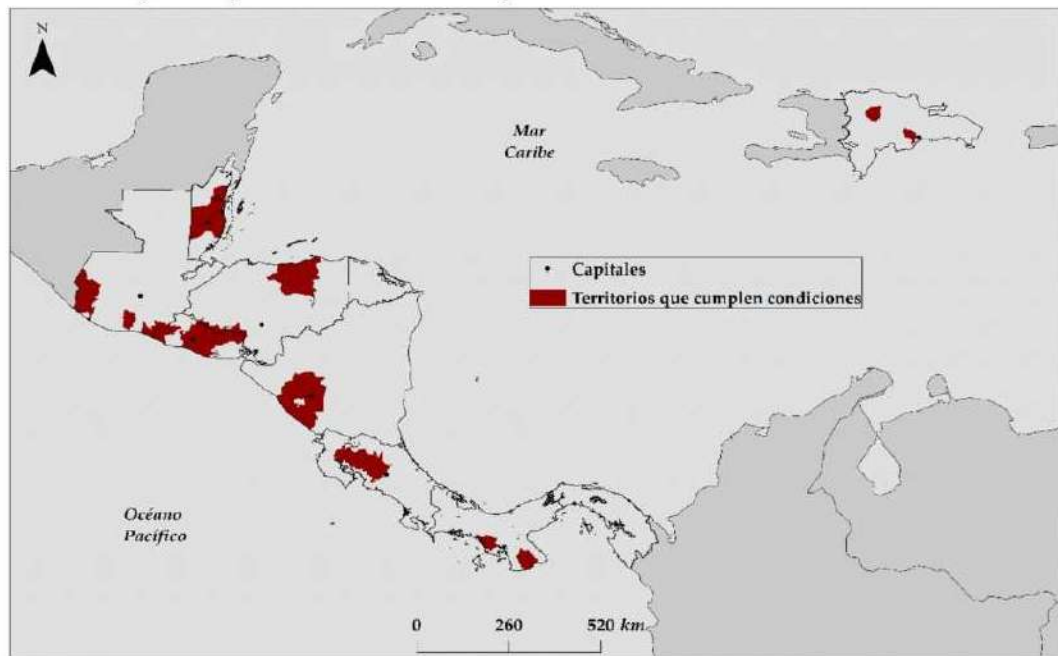
Asimismo, se cruzaron los resultados con registros de eventos históricos de desastres, incluyendo reportes de noticias e información de instituciones gubernamentales, con el fin de evaluar la coherencia del modelo frente a sucesos ocurridos en el distrito. Adicionalmente, se incorporaron datos de suelos en el análisis, lo que permitió una mejor representación de las condiciones físicas del terreno y su relación con la susceptibilidad a inundaciones y deslizamientos. Estas acciones fortalecieron la validez del estudio, aunque se reconoce la necesidad de continuar complementando la metodología con enfoques adicionales que refuercen la precisión del modelo.

Durante la visita de campo se realizaron encuestas a 20 integrantes de la comunidad, ya que constituyen una metodología eficaz para evaluar la percepción del riesgo en comunidades expuestas a desastres naturales (Slovic, 2020). A través de este método, es posible obtener información sobre el nivel de conocimiento de los pobladores, sus experiencias previas con eventos extremos y sus sugerencias para reducir la vulnerabilidad de la zona. Además, permiten identificar brechas en la comunicación del riesgo y evaluar la efectividad de las estrategias de educación y prevención existentes (Bird et al., 2018). Para esto se implementó la aplicación de Survery 123, la cual sirve para diseñar formularios y encuestas inteligentes, es un generador de formularios dinámico. Acelera la recopilación de datos y mejora la calidad de los resultados (Esri, s.f.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Territorios vulnerables a desastres naturales en Centroamérica

Mapa 1: Territorios vulnerables a alta ocurrencia de desastres naturales en Centroamérica



a/ altitud menor a 1,000 msnm, densidad de población mayor a 76 habitantes por km² y valor promedio de Standardized Precipitation Index (SPI) menor a -0,5.

Fuente: Programa de estado de la nación, 2022

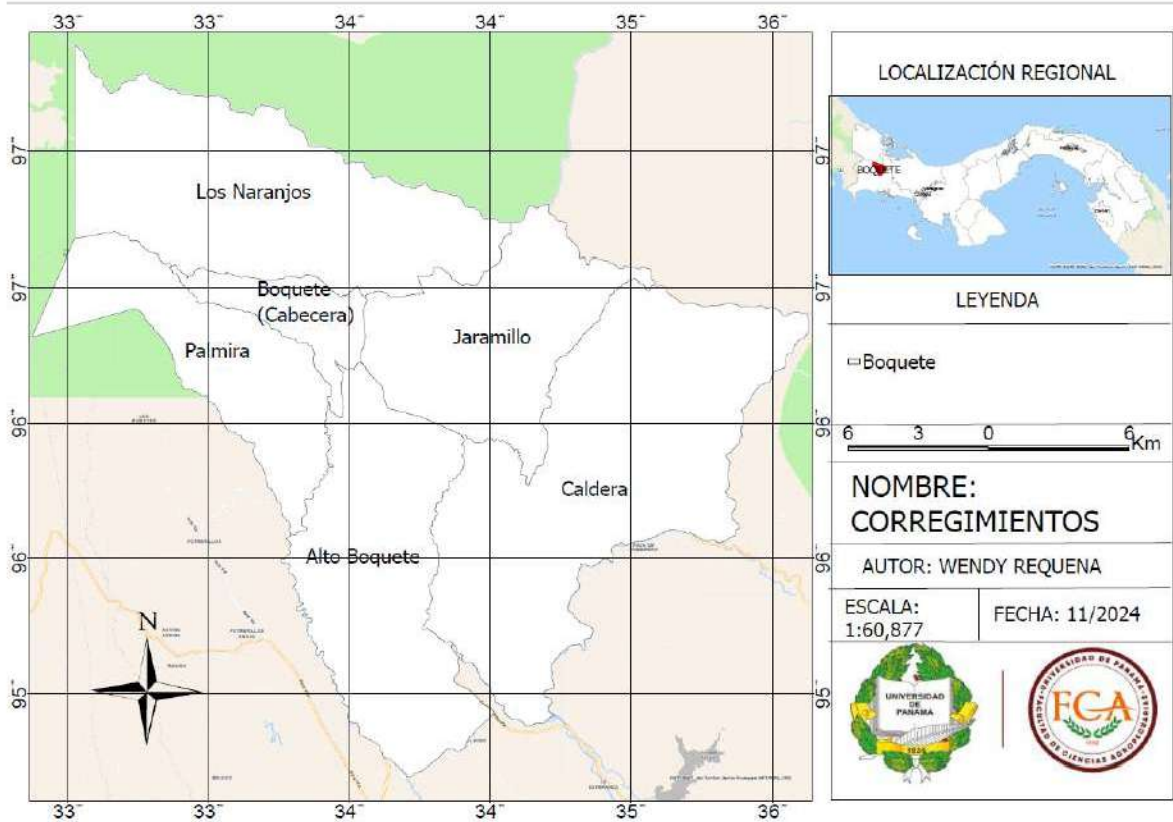
De acuerdo con un estudio realizado por el programa de estado nación el 70% de los desastres naturales en esta región se presentan por debajo de los 1,000 m.s.n.m, además en estas regiones la densidad poblacional es de aproximadamente 76 o más habitantes por km². Dicha zona se caracteriza por ser uno de los territorios más vulnerables a sufrir catástrofes a nivel global, lo cual se

agudiza por la acción humana como la deforestación para construcciones residenciales o para cultivos agrícolas (Programa estado de la nación, 2022).

Se evidencia que en Centroamérica aquellas zonas bajas y densamente pobladas son más vulnerables a sufrir de desastres naturales, lo que se atribuye a la actividad antrópica en la región, lo cual ocasiona la degradación de las tierras y cambio en la cobertura de la misma.

4.2. Caracterización de la zona de estudio

Mapa 2: División política del distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

4.2.1. Ubicación

El Boquete limita al norte con la provincia de Bocas del Toro, al oeste los distritos de Tierras Altas y Dolega, al sur los distritos de Dolega y David y al este el distrito de Gualaca. La temperatura promedio es de 20° centígrados todo el año, presentando dos tipos de climas: templado muy húmedo de altura, con lluvias copiosas todo el año superior a los 60 mm, y tropical húmedo (Municipio de Boquete, s.f.).

4.2.2. Superficie

El Distrito se extiende por unos 489.8 km² y se encuentra conformado por los corregimientos de Los Naranjos, Boquete Cabecera, Palmira, Alto Boquete, Caldera y Jaramillo, cada uno se caracteriza por presentar aspectos únicos.

Cuadro 1: Población del distrito de Boquete

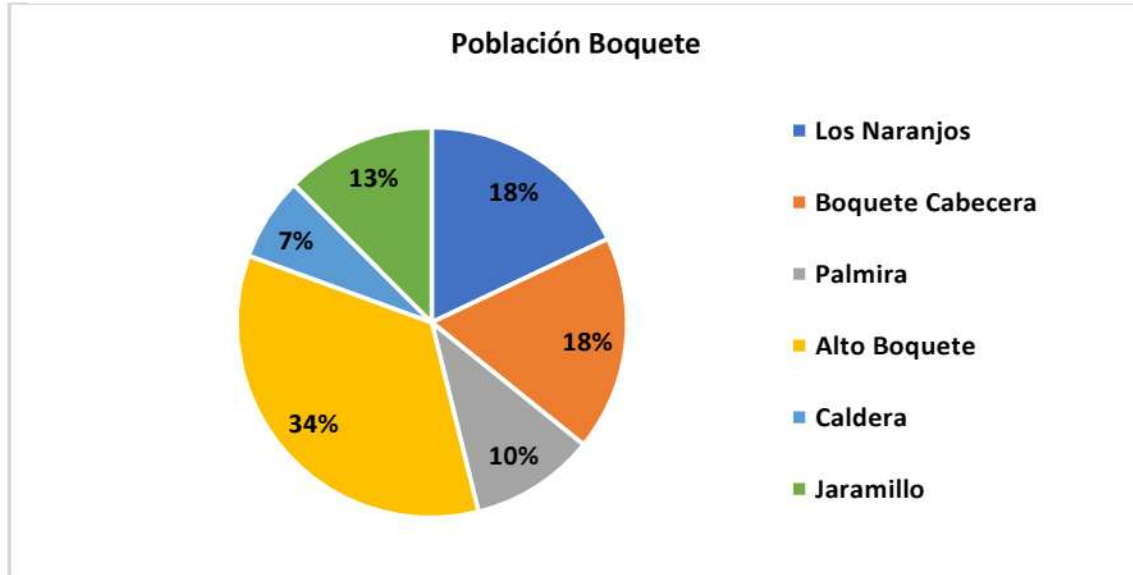
Corregimiento	Superficie (km²)	Población (hab)	Densidad poblacional (hab/km²)
Los Naranjos	110.6	4,229	38.3
Boquete Cabecera	19.2	4,203	219.3
Palmira	56.4	2,440	43.3
Alto Boquete	88.1	8,111	92.1
Caldera	146.6	1,637	11.2
Jaramillo	69	2,942	42.6

Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y censo.

De acuerdo con los resultados obtenidos Caldera cuenta con mayor territorio que los cinco corregimientos restantes, con alrededor de 146.6 km², mientras que Boquete Cabecera a pesar de ser la capital del distrito tiene unos 19.2 km², por lo cual, se posiciona como el de menor extensión, debido a que Los Naranjos, Palmira, Jaramillo y Alto Boquete tienen un área de 110.6 km², 53.4 km², 69 km² y 88.1 km² respectivamente.

4.2.3. Población

Gráfico 1: Población del distrito de Boquete



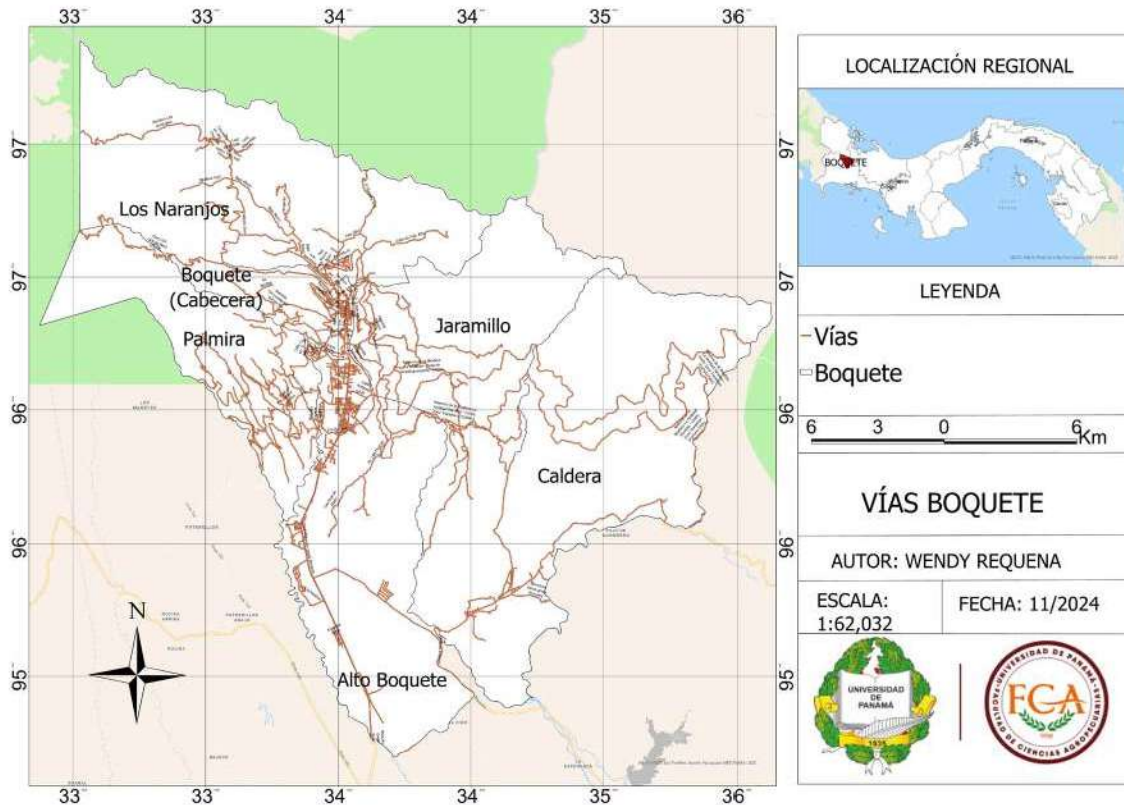
Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y censo.

Alto Boquete destaca por ser el corregimiento más poblado con un 34% de los habitantes del distrito. En el mismo la presión antrópica es alta, lo cual se refleja en su densidad poblacional, esto se manifiesta en la velocidad del cambio de uso del suelo y la alteración a los ecosistemas naturales y constantes eventos de desastres que se presentan en esta unidad territorial.

Los Naranjos y Boquete Cabecera se caracterizan por albergar cada uno al 18% de los habitantes de nuestra área de estudio, mientras que en Jaramillo, Palmira y Caldera se concentra el 30% restante. En total el distrito es el hogar de 23,562 personas.

4.2.4. Accesibilidad

Mapa 3: Red vial del distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

De acuerdo con el mapa 3 el distrito cuenta con una amplia red vial que lo conecta con el resto del país. La avenida Belisario Porras lo vincula desde la carretera Panamericana pasando por David y Dolega, en donde se une con la vía hacia dicha región, esta se extiende por Alto Boquete, Boquete Cabecera y los Naranjos. El área con mayor número de vías son los corregimientos de Boquete Cabecera y Alto Boquete, mientras que las miasmas se extienden por Los Naranjos, Palmira, Jaramillo y Caldera, pero con una menor densidad, lo que refleja un desarrollo superior y conectividad en estas zonas.

Según Heo et al. (2024) se debe incluir este criterio en el estudio de deslizamientos e inundaciones en lugares montañosos, dado que la construcción de carreteras altera las condiciones naturales de la pendiente, lo que puede aumentar la probabilidad de inundaciones y deslizamientos de tierra.

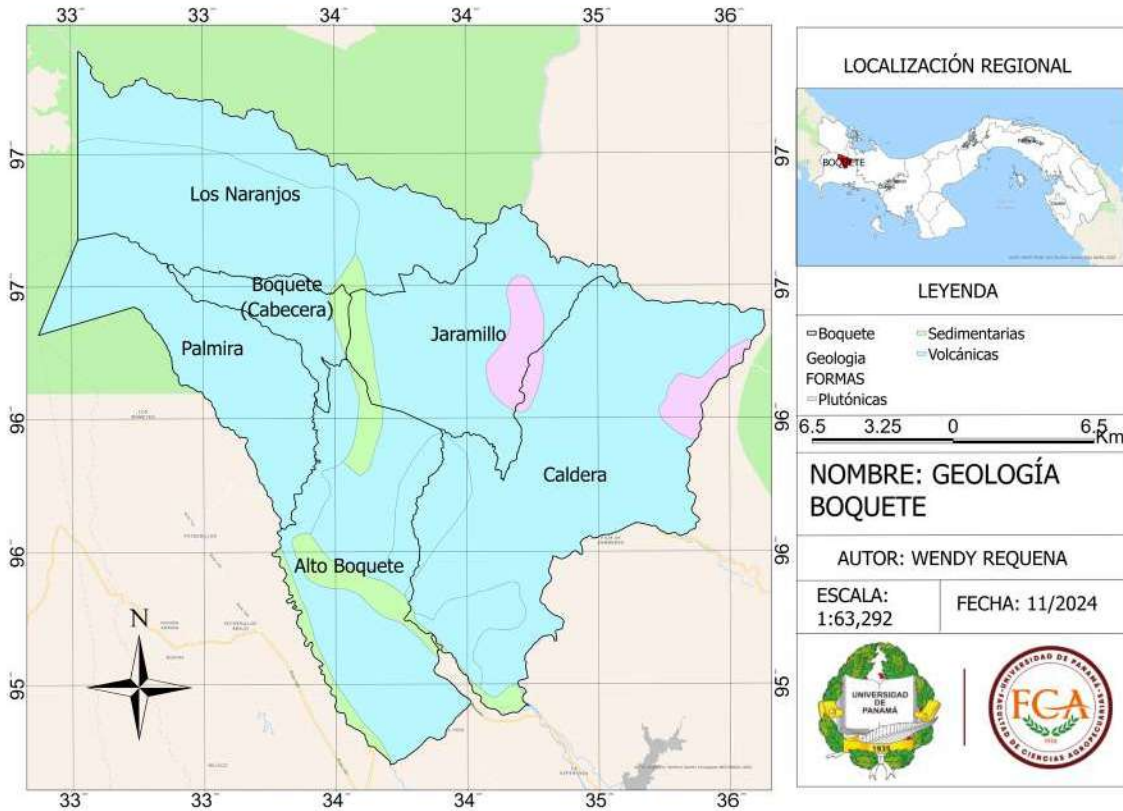
Figura 3: Red Vial de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.3. Condiciones geológicas

Mapa 4: Geología del distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

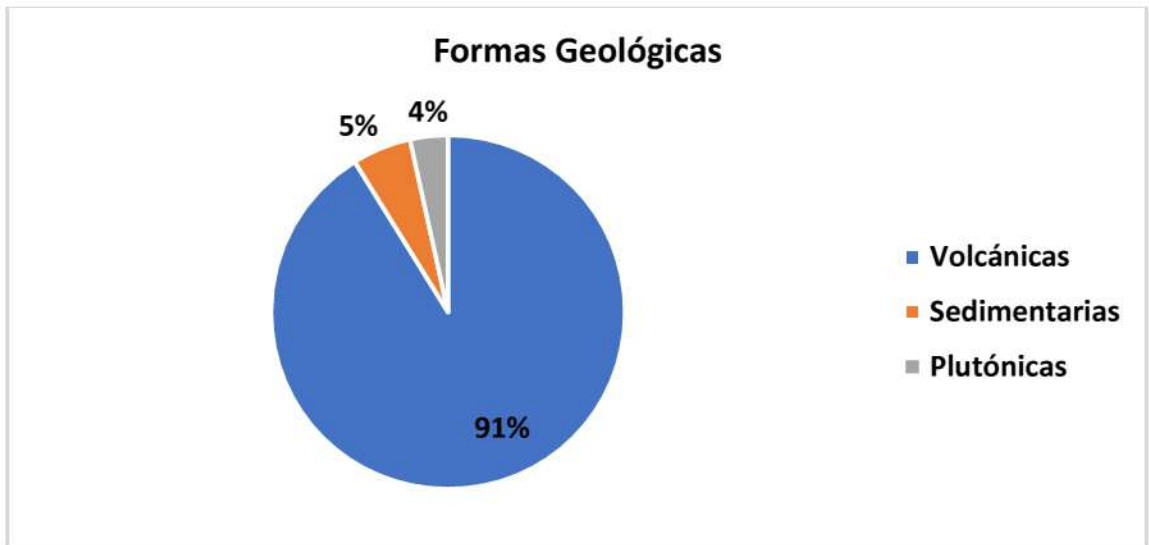
Cuadro 2: Formas geológicas en Boquete y el área que abarcan

Formas	Área km ²
Volcánicas	446.452271
Sedimentarias	26.3628444
Plutónicas	16.9546239
Total	489.769739

Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y censo. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

El análisis geológico del distrito de Boquete presentó tres formaciones volcánicas, las cuales son importantes para determinar la susceptibilidad de la región a sufrir los desastres estudiados.

Gráfico 2: Proporción de la distribución de formas geológicas en Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y censo. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

La distribución de las formas volcánicas representa la mayor proporción del área del distrito, ya que, se distribuyen en un 91% de la zona de estudio, mientras que las formas sedimentarias se extienden por un 5% del lugar y finalmente las formas plutónicas equivalen a un 4% en la región.

Las formas sedimentarias se encuentran distribuidas en pequeñas zonas de los corregimientos de Caldera, Boquete Cabecera, Alto Boquete, Jaramillo y los Naranjos, mientras que las volcánicas se ubican por todo el distrito de Boquete y es el tipo de formación más abundante en la región. Finalmente, las formaciones

plutónicas se esparcen en pequeñas regiones al este de Caldera y Jaramillo. Cagua et al. (2024) afirma que las formaciones geológicas, dependiendo de la litología, permeabilidad y de la consolidación del terreno, influirán en gran medida en la probabilidad a los desastres naturales.

Las principales rocas volcánicas de la región son los basaltos, andesita, cenizas, tobas aglomerados y lavas, la mayoría de las rocas ígneas en estado sano son muy competentes, sin embargo, al meteorizarse forman suelos que pueden ser poco resistentes. Los suelos derivados de rocas volcánicas se caracterizan por tener una textura suelta y granular, lo que facilita la infiltración de agua, lo que puede ocasionar una pérdida de cohesión de las partículas aumentando el riesgo a deslizamientos, durante eventos de lluvias intensas si el agua se acumula y no drena rápidamente podría propiciar la ocurrencia de movimientos de tierra.

Figura 4: Rocas encontradas en Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2025.

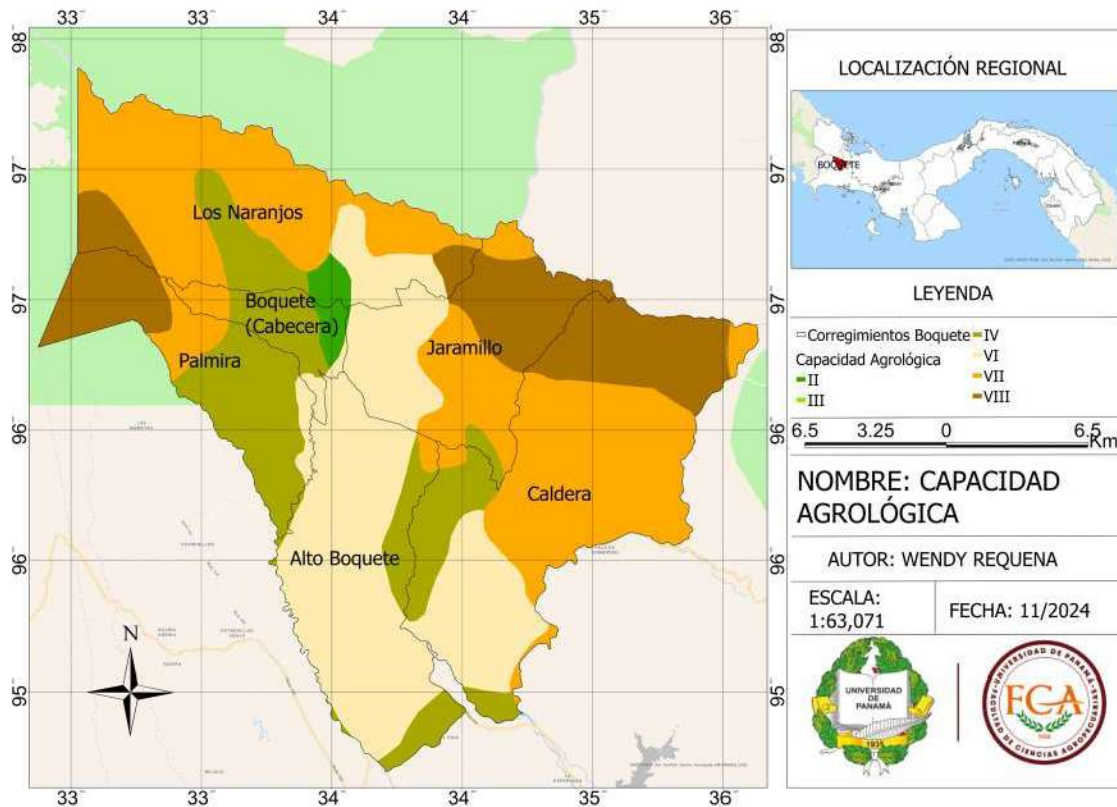
Por otro lado, las formaciones plutónicas tienen una microestructura desordenada e isotrópica con uniones muy fuertes entre los cristales, en su estado intacto, se caracterizan por ser rocas muy duras y densas, en su estado natural son resistentes al cortante, pero al meteorizarse pueden ser débiles. En los taludes poseen un comportamiento controlado por la estructura que presentan. Las principales rocas plutónicas encontradas en Boquete son la granodiorita y monzonitas

Las rocas sedimentarias están formadas por la sedimentación y cementación de partículas de arcilla, arena, grava o cantos, la estabilidad de las mismas depende usualmente del tamaño de los granos, los planos de estratificación, las fracturas normales a la estratificación y el grado de cementación. Los tipos que se encuentran en esta región son: aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, manglares., conglomerados, lutitas carbonadas, depósitos tipo delta (STRI, 2022; USAG, s.f).

4.4. Suelos

4.4.1. Capacidad agrologica

Mapa 5: Capacidad agrologica en el distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

Según los resultados obtenidos, en Boquete se encuentran suelos clasificados en seis de las ocho categorías de uso de la tierra establecidas por el método desarrollado por el *Soil Conservation Service* de los Estados Unidos (USA). Las mismas representan las diferentes capacidades de uso del suelo en función de sus características físicas, químicas y de manejo, lo que permite identificar su aptitud para actividades agrícolas, pecuarias y de conservación.

Cuadro 3: Capacidad agrológica en el distrito de Boquete

Clase	Área Km²
II	6.727
III	0.00051
IV	85.540
VI	140.443
VII	178.416
VIII	78.641
Total	489.769

Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

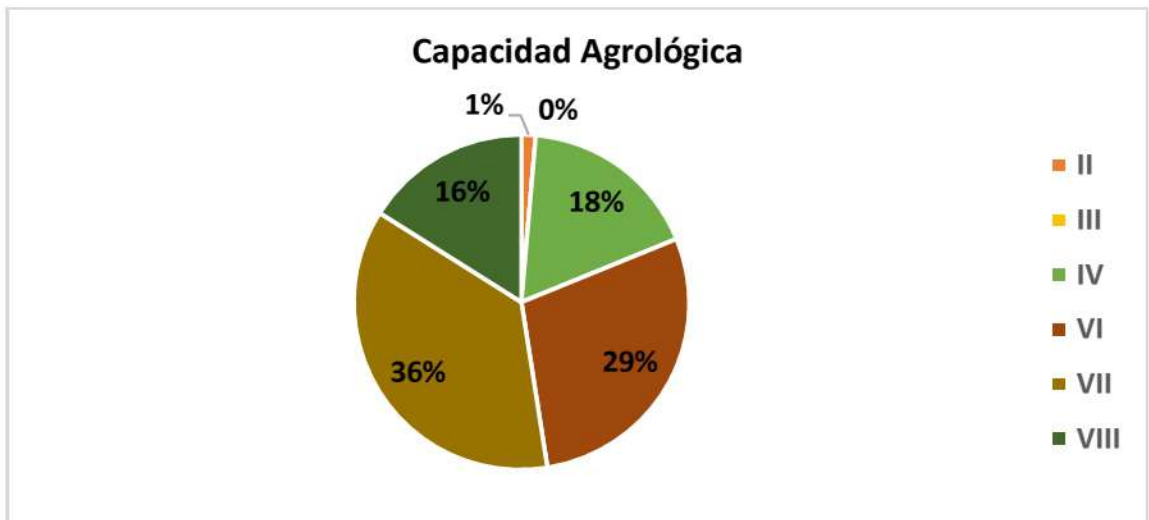
Los datos obtenidos revelan una gran variedad en el tamaño de las áreas pertenecientes a cada categoría. La clase III presenta un área muy pequeña de 0.00051 km², en tanto que la clase VI es la más extensa con 140.443 km². Estas clases se diferencian en que van de pequeñas áreas como la II con 6.72701 km² hasta grandes como la VI, lo que demuestra una distribución heterogénea, esto se debe a que la zona presenta distintas características geográficas.

El área de 489 km² que representa el total de la extensión del distrito demuestra que es un territorio considerable, por lo que la disparidad en el tamaño de las clases impacta en la gestión de los recursos, la planificación del territorio y el diseño de políticas públicas, debido a que aquellas regiones considerables como

la clase VI, pueden requerir de enfoques más generales y recursos adicionales, a diferencia de las pequeñas que requieren de un tratamiento específico y puntual.

Las clases VI, VII y VIII son aptas para realizar turismo sostenible, siempre y cuando se implementen prácticas que minimicen el impacto ambiental y contribuyan a la conservación del ecosistema. Estas áreas, debido a su topografía accidentada y suelos frágiles, no son aptas para la agricultura intensiva ni el desarrollo urbano, pero poseen un alto valor ecológico y paisajístico, lo que las hace ideales para actividades como senderismo, avistamiento de aves, ecoturismo y educación ambiental. Dichas iniciativas no solo generan beneficios económicos para las comunidades locales, sino que también fomentan la preservación del entorno natural, promoviendo el uso responsable de los recursos y la sensibilización sobre la importancia de la conservación.

Gráfico 3: Capacidad agrológica en el distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

La VII representa el mayor porcentaje en nuestra área de estudio ya que, se extiende por un 36% del terreno, la capacidad de estos suelos es limitada para la producción agrícola y es destinada principalmente para conservación o usos forestales, predomina en Alto Boquete, sur occidente de Caldera, occidente de Palmira, este de los naranjos y una pequeña región al este de Palmira.

En segundo lugar, está representado por la clase VI abarcando el 29% del terreno, presenta limitaciones severas con pendientes fuertes, dichos suelos son aptos para pastoreo y usos similares. En cuanto a las clases II, III, y IV, tienen mayor vocación para actividades del sector agropecuario, en total suman el 18% del territorio, lo cual sugiere que solo una pequeña proporción de los suelos tiene la capacidad de sostener actividades agrícolas intensivas.

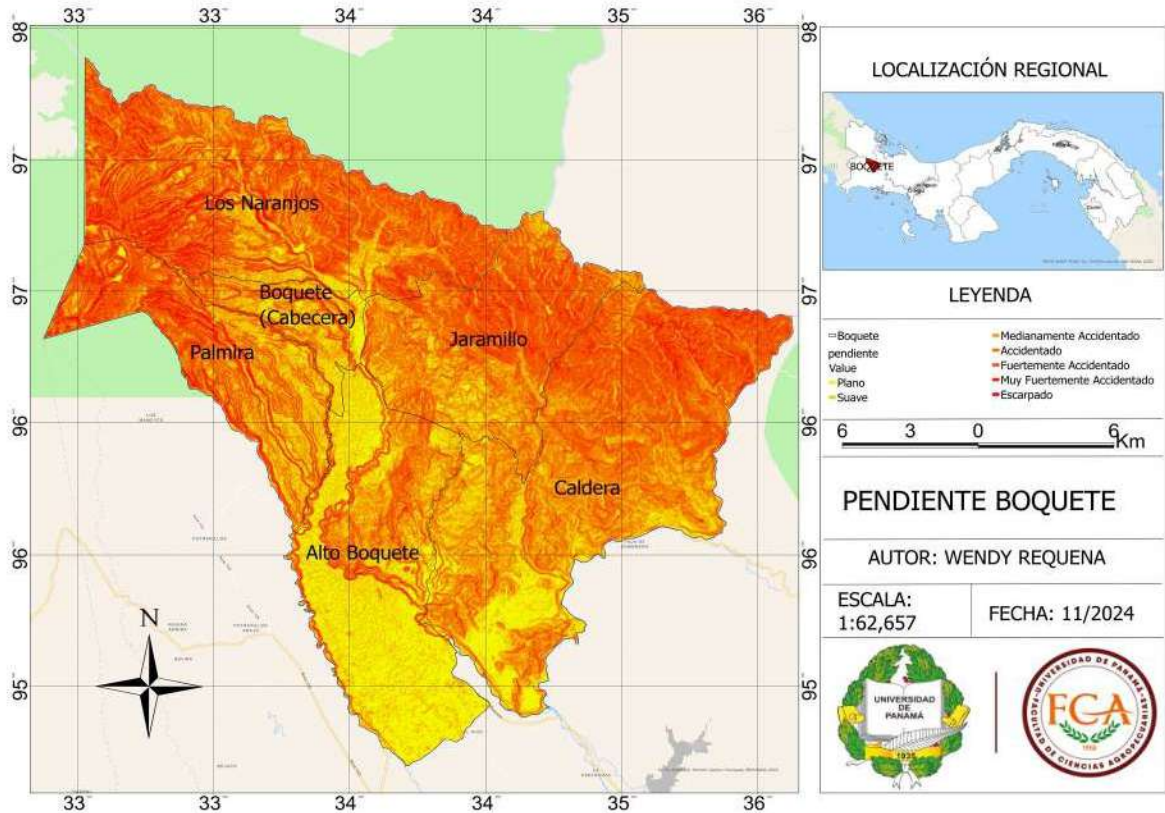
Según los resultados la clase II, la cual se caracteriza por tener potencial agrícola en el área de estudio tiene un porcentaje mínimo menor al 1%, mientras que un 52% corresponde a las clases VII y VII, debido a factores como las altas pendientes que son características de la región debido a su localización en la cordillera central del país.

A pesar de que algunas zonas del distrito presentan restricciones para la agricultura convencional, el cultivo de café es una excepción en ciertas áreas montañosas, ya que es una actividad que puede adaptarse a pendientes pronunciadas y climas templados. En lugares con suelos bien drenados y adecuados para cultivos permanentes, el café ayuda a estabilizar el suelo y reducir la erosión, especialmente cuando se cultiva bajo sistemas agroforestales que combinan árboles de sombra con los cafetos. Además, Boquete es

reconocido internacionalmente por su café de alta calidad, lo que convierte a esta actividad en una opción económicamente viable y ambientalmente sostenible, siempre que se practique con técnicas que protejan el suelo y los recursos hídricos.

4.4.2. Pendiente

Mapa 6: Clasificación de la pendiente en el distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del análisis geoespacial se aprecia una clara distinción en la topografía del distrito. Mientras el sur está dominado por áreas planas, principalmente en Alto Boquete y una región del sur de Caldera, gran parte del territorio, específicamente en Los Naranjos, Jaramillo y Caldera, las cuales se caracterizan por pendientes pronunciadas y muy pronunciadas, que se representan por colores entre rojos y naranjas.

Figura 5: Topografía de Boquete

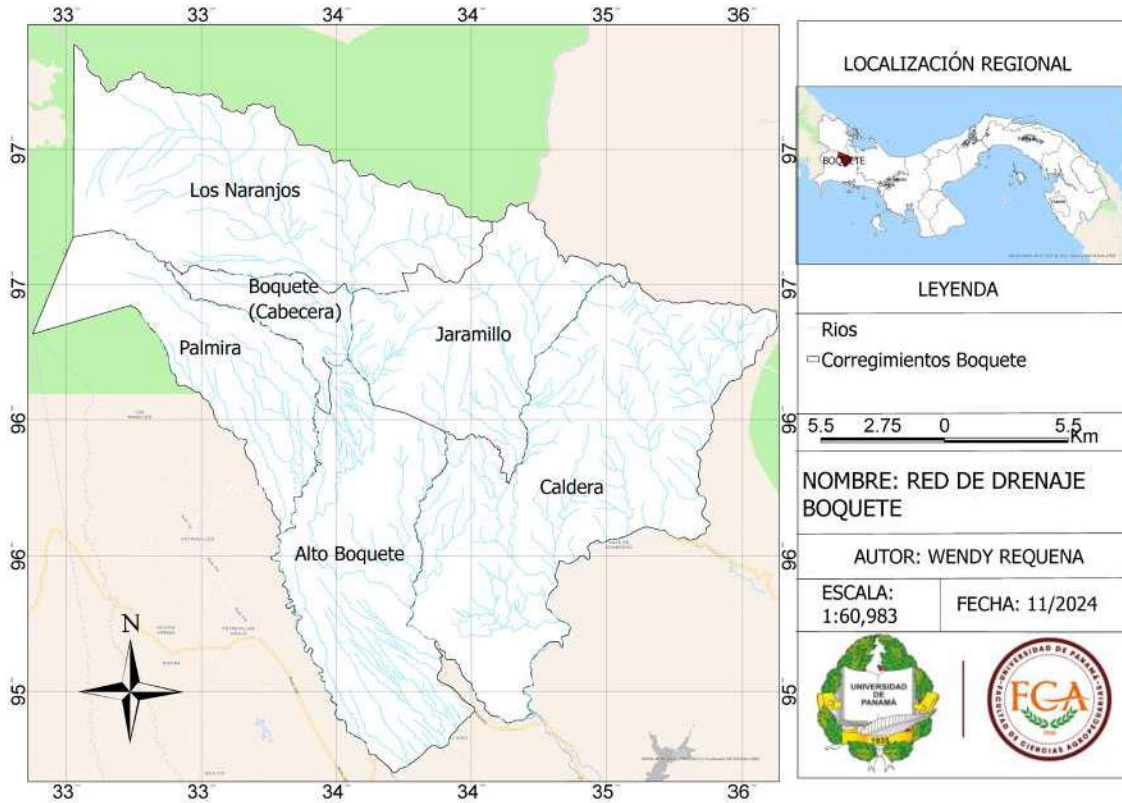


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Las regiones con altas pendientes son susceptibles a sufrir deslizamientos, especialmente durante la temporada de lluvias, Jaramillo, Los Naranjos, son corregimientos que se caracterizan por topografía montañosa e inclinada, lo cual contribuye a la estabilidad del terreno. En su investigación sobre la evaluación de riesgos de inundaciones y deslizamientos de tierra en Kalimantan y Sumatra, Heo et al. (2024) incluyeron la pendiente como uno de los 8 criterios determinantes en el análisis y obtuvieron como resultado que este es el segundo parámetro más influyente en este tipo de eventos.

4.4.3. Hidrología

Mapa 7: Red de hídrica del distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

Boquete cuenta con una extensa red hídrica, compuesta por varios ríos, entre los cuales destaca el río Chiriquí, principal afluente de la cuenca 108 a la que pertenece el área de estudio, el mismo nace en el corregimiento de Caldera y sirve como frontera con el distrito de Gualaca.

El río Caldera por su parte nace en el Parque Nacional Volcán Barú, en el corregimiento de Los Naranjos, a lo largo de su recorrido pasa por Alto Boquete, Boquete Cabecera, antes de desembocar en el río Chiriquí, en el extremo sur del

distrito de Caldera, otros ríos importantes en el área de estudio incluyen el río los Valles, Palo Alto, río Colga y el río Papayal.

Figura 6: Red hídrica del corregimiento de Boquete

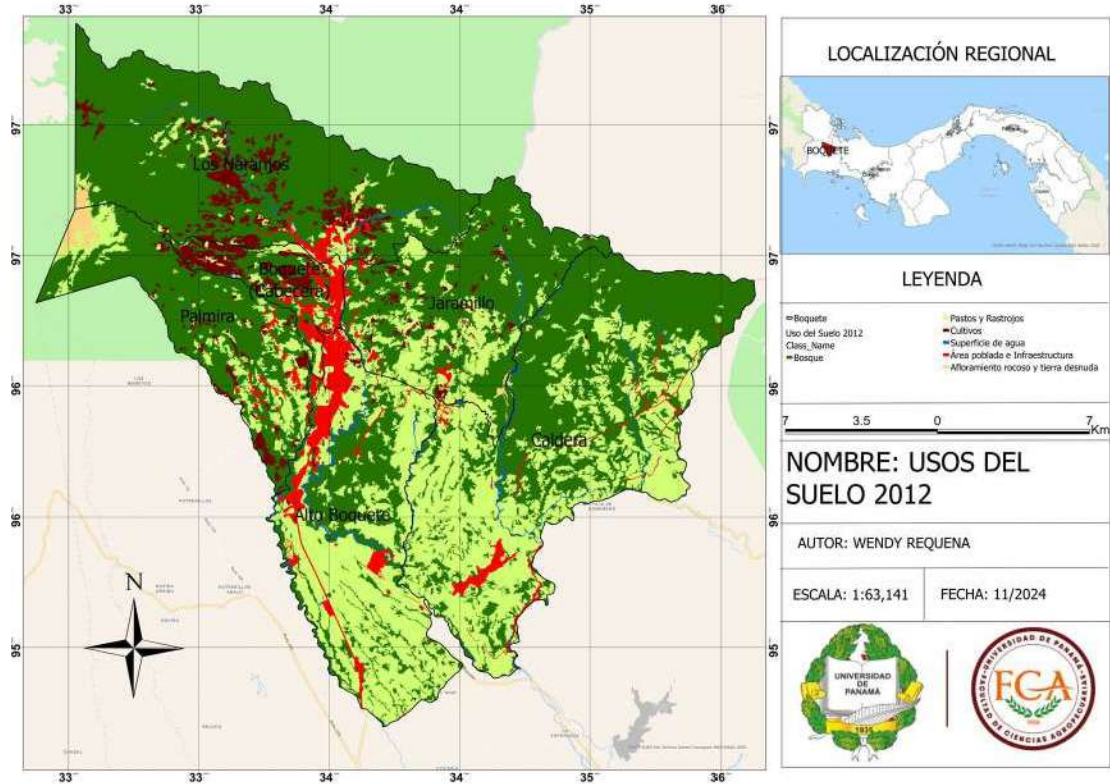


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Estos ríos debido a su capacidad de acumulación de las aguas que bañan el distrito desempeñan un papel fundamental en la dinámica de las inundaciones. La capacidad del terreno y los causes fluviales para manejar grandes volúmenes de agua puede verse sobrepasada durante los eventos extremos, aumentando el peligro de desbordamiento. En este sentido los afluentes secundarios como Los Valles, Palo Alto, Colga y Papayal, ejercen un rol primordial. A medida que los ríos vierten sus aguas en los principales como el Caldera y Chiriquí aumenta el riesgo de inundaciones en las zonas bajas de Boquete.

4.4.4. Usos del suelo 2012

Mapa 8: Cobertura y uso del suelo en el distrito de Boquete 2012



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

El análisis del uso del suelo en el distrito de Boquete en el año 2012 contribuye a la identificación de las principales características del paisaje y los patrones de ocupación del territorio. En los resultados obtenidos se identificaron seis categorías principales como los Bosques, pastos y rastrojos, cultivos, superficie de agua, área poblada e infraestructura y afloramientos rocosos y tierra desnuda, como se presenta en la tabla 4, las cuales son importantes para comprender las dinámicas del uso de la tierra y su impacto en el ambiente.

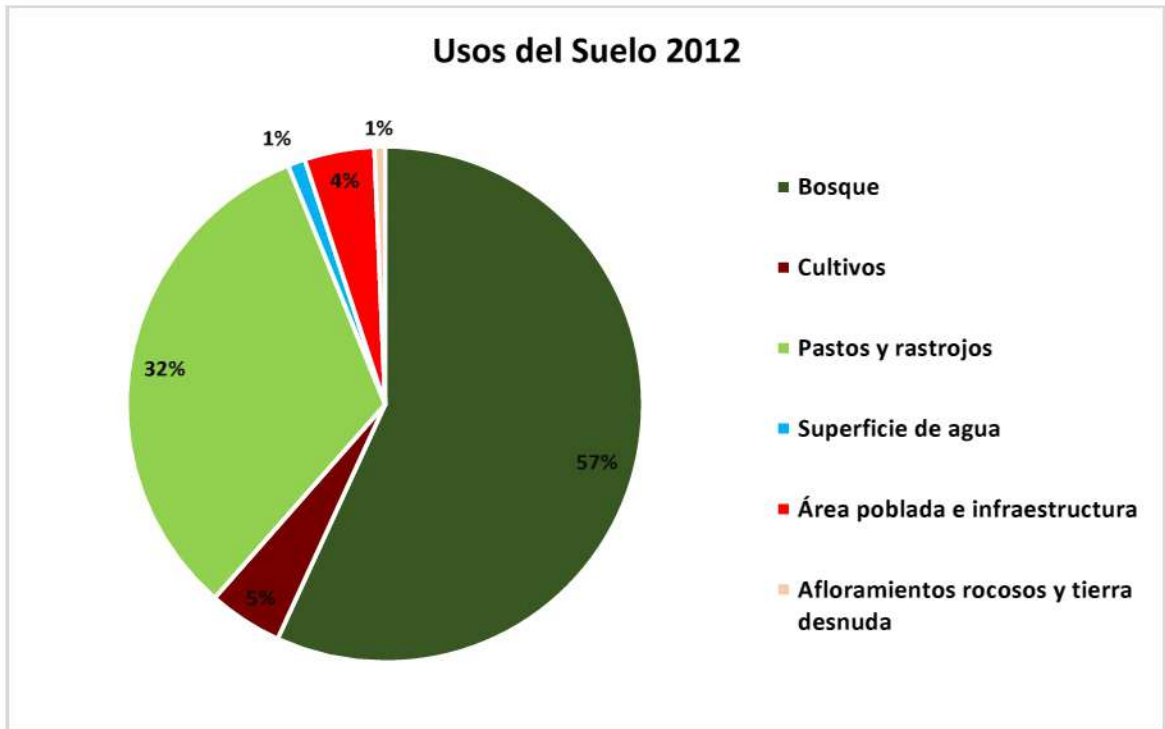
Cuadro 4: Áreas por categoría de uso del suelo 2012

Categoría	Área Km²
Bosque	278.41
Cultivos	22.77
Pastos y rastrojos	158.53
Superficie de agua	5.34
Área poblada e infraestructura	21.46
Afloramientos rocosos y tierra desnuda	3.26
Total	489.77

Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

De acuerdo con la tabla 4, el área ocupada por cada categoría de uso del suelo la cobertura predominante de la zona de estudio en este momento era bosque, ya que, la misma se extiende por el 57% del total, lo cual refleja un esfuerzo por mantener los ecosistemas de la región, le siguen los pastos y rastrojos con unos 158.53 km², que representan el 32% del territorio, mientras que los cultivos, áreas pobladas e infraestructura abarcan regiones más pequeñas que corresponden al 5% y 4% respectivamente. Las superficies de superficie de agua y tierra desnuda cubren cada una el 1% de Boquete, aunque son de menor extensión aportan a la estabilidad ecológica del distrito.

Gráfico 4: Categorías de uso del suelo 2012



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

Los bosques se encuentran representados en el mapa 8 por el color verde oscuro, esta categoría se distribuye en el 57% del distrito, principalmente en los corregimientos de Alto Boquete, Los Naranjos, Caldera y Palmira, está compuesto por bosque nativo mixto maduro, bosque secundario, bosque de mangle, también se incluyeron los bosques artificiales o plantaciones forestales latifoliadas o de conífera. La presencia del bosque nativo mixto maduro, bosque secundario y el bosque de mangle, indica que el ecosistema está bien conservado, lo cual contribuye a mantener los ciclos ecológicos, la introducción de las plantaciones demuestra el interés de la comunidad por mantener aquellas tierras forestales, ya que, se disminuye la presión sobre los mismos.

Los cultivos se representan en el mapa por el color rojo vino, distribuido en pequeños territorios principalmente en Los Naranjos y Boquete Cabecera. También se extienden en parches hasta Jaramillo y Palmira. Esta clase está compuesta por cultivos permanentes y anuales propios de la zona. La agricultura es una actividad relevante propia de la región, donde destacan la producción de café y de flores.

En la categoría de pastos y rastrojos se incluyen aquellas zonas en las que la vegetación fue removida por los humanos para darle algún uso a dichas tierras, pero que debido a la regeneración natural están cubiertas por vegetación arbustiva o que están destinadas para la producción de pastos. En el año 2012 los suelos con dicha cubierta se encontraban en gran parte del área de estudio, principalmente al sur del distrito, en el corregimiento de Alto Boquete y caldera, además de pequeñas áreas en Boquete Cabecera, Palmira y Jaramillo, algunos parches en Los Naranjos.

La categoría de superficie de agua incluye los terrenos cubiertos por los diferentes cuerpos de agua que se encuentran en el distrito como ríos, quebradas y lagos, los cuales en el año 2012 se distribuían a lo largo y ancho de nuestra área de estudio.

Además, se determinó que el área poblada e infraestructura para el año 2012 se encontraba distribuida principalmente en Boquete Cabecera, Alto Boquete y Los Naranjos, sin embargo, en Jaramillo, Caldera y Palmira se ubican algunas de menor tamaño. Esta clase está conformada por tierras que han sido destinadas

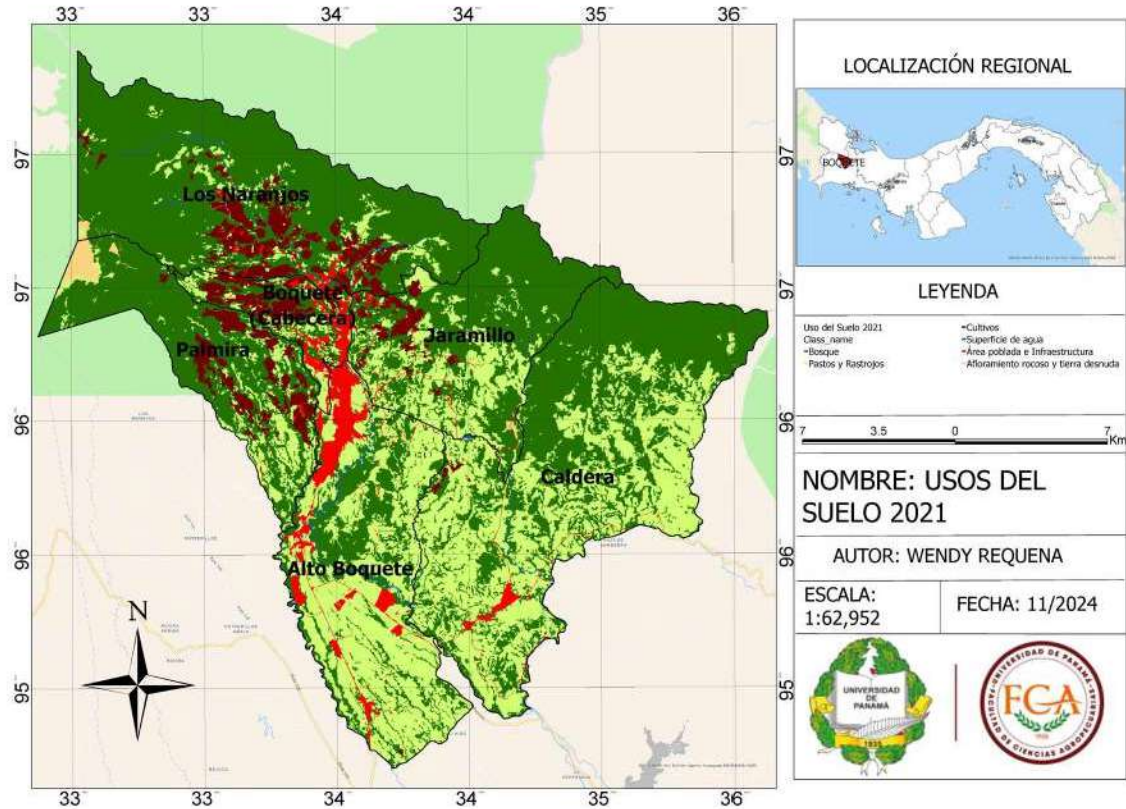
para proyectos residenciales e infraestructura como carreteras, instalaciones de deporte, salud, educación, redes de energía y telecomunicaciones.

Los afloramientos rocosos son aquellas tierras en las que la superficie del terreno está compuesta por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, que frecuentemente se encuentran en lugares de altas pendientes o acantilados. Para el año 2012 según los análisis realizados se determinaron algunas zonas con estas características en la frontera de Palmira y Boquete Cabecera, hacia el occidente del distrito y un pequeño parche en el sur de Jaramillo, cercano a los límites con Caldera.

El predominio del bosque en la cobertura del territorio de Boquete resalta su importancia ecológica y su potencial para la conservación y el turismo sostenible. Las áreas de bosque, desempeñan un papel clave en la protección de la biodiversidad y la mitigación de riesgos ambientales, como deslizamientos de tierra e inundaciones. Estudios como el de Pineda (2011) en el municipio de Valle de Santiago, México, han demostrado que el uso de imágenes satelitales y herramientas SIG permite evaluar los cambios en el uso del suelo y su impacto en el entorno natural. En este sentido, la integración de tecnologías geoespaciales en la planificación territorial de Boquete facilitó la identificación de áreas aptas para distintas actividades, como la conservación, el turismo ecológico y la agricultura sostenible.

4.4.5. Usos del suelo 2021

Mapa 9: Cobertura y uso del suelo en el distrito de Boquete 2021



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

El análisis del uso de la tierra en el distrito de Boquete en el año 2021 contribuye a la identificación de las principales características del paisaje y los patrones de ocupación del territorio en los resultados obtenidos se identificaron seis categorías fundamentales como bosque, pastos y rastrojos, cultivos, superficie de agua, área poblada e infraestructura y afloramientos rocosos y tierra desnuda, como se presenta en la tabla 5, las cuales son importantes para comprender las dinámicas del uso del suelo y su impacto en el ambiente.

Cuadro 5: Categorías de uso del suelo año 2021

Categoría de uso	Área km²,
Bosque	276.38
Cultivos	29.61
Pastos y rastrojos	150.62
Superficie de agua	5.80
Área poblada e Infraestructura	23.82
Afloramiento rocoso y tierra desnuda	3.54
Total	489.77

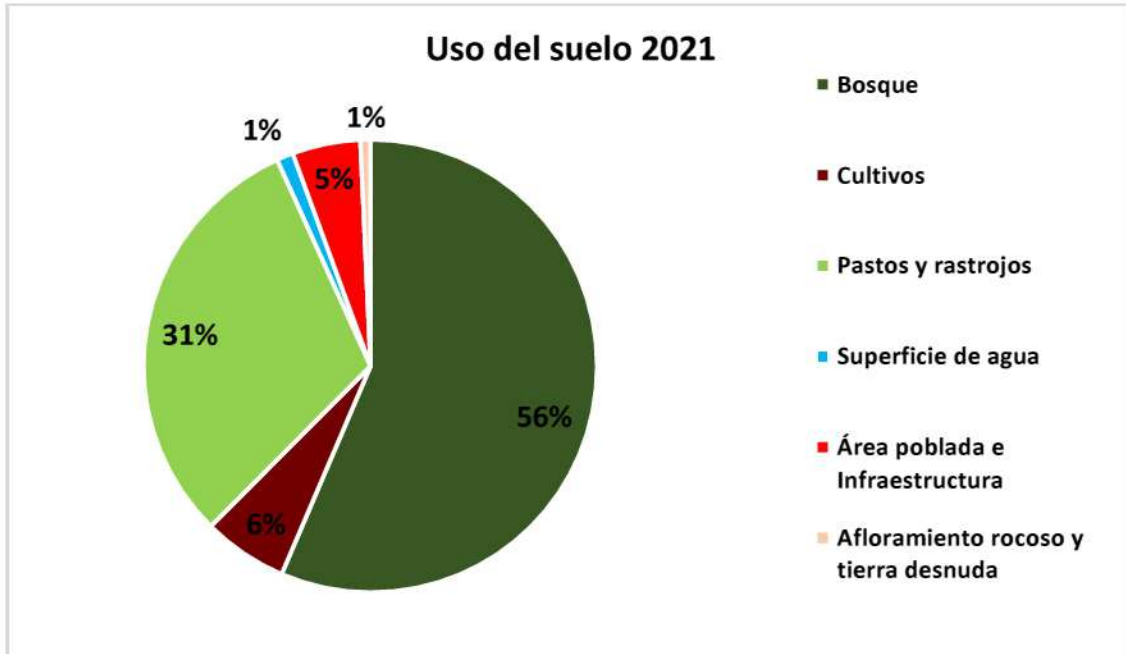
Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

En el mapa 9, el color verde representa la cobertura boscosa del distrito, los cuales representan el 56% del total del territorio, cubre principalmente el norte del área de estudio, sobre la cordillera central de Panamá. Esta categoría está compuesta por bosque nativo mixto maduro, bosque secundario, bosque de mangle, además se incluyeron los bosques artificiales o plantaciones forestales latifoliadas o de conífera.

Los pastos y rastrojos abarcan el 31% de Boquete, en tanto que el área poblada e infraestructura el 5%, los cultivos un 6%, mientras que la superficie de agua y afloramientos rocosos y tierra desnuda se encuentran en el 2% de la región. En su estudio relacionado con la evaluación de riesgos de inundaciones y deslizamientos de tierra en Kalimantan y Sumatra, Heo et al. (2024) involucraron la cobertura del suelo como uno de los 8 criterios determinantes en el análisis y

concluyeron que este es uno de parámetros más influyente en este tipo de eventos.

Gráfico 5: Categorías de uso del suelo año 2021



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

Los bosques en el distrito de Boquete representan la categoría predominante, cubren extensas áreas en las zonas montañosas y de difícil acceso. Estas categorías se ubican principalmente en el norte y este del territorio, incluye sectores como Jaramillo y Caldera, los bosques se relacionan con la conservación de los recursos naturales, además contribuyen a reducir la vulnerabilidad ante desastres naturales,

Los cultivos están representados en el mapa 9 por el color rojo vino, los distribuyen en territorios reducidos, principalmente en Los Naranjos, Palmira, Jaramillo y Boquete Cabecera. Además, se aprecian pequeños Caldera. Esta clase está compuesta por cultivos permanentes y anuales propios de la zona, como arroz, café, cítricos, entre otros.

Figura 7: Usos del suelo Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los pastos y rastrojos para el año 2021 se extienden por gran parte del distrito, especialmente en Alto Boquete, Caldera y Jaramillo, es decir que esta categoría domina el sur del área de estudio en contraste con los bosques que abarcan principalmente el norte de la región.

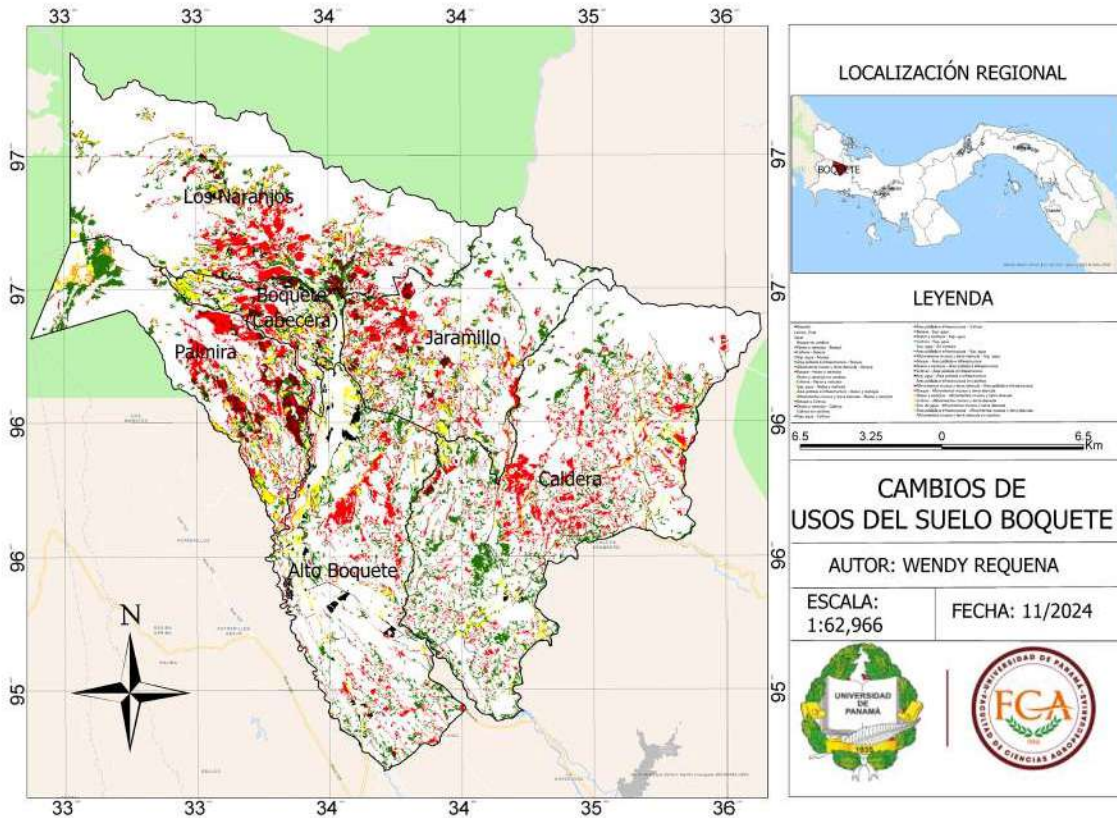
La categoría perteneciente a superficie de agua incluye los terrenos cubiertos por los diferentes cuerpos acuáticos que se encuentran en el distrito como ríos, quebradas y lagos, los cuales en el año 2021 se distribuyen a lo largo y ancho de nuestra área de estudio.

En relación al área poblada e infraestructura, se determinó que para el año en cuestión se extiende principalmente por Boquete Cabecera, Alto Boquete, Los Naranjos y Caldera, sin embargo, en Jaramillo y Palmira se ubican algunas de menor tamaño.

Para el año 2021 según los resultados obtenidos, los lugares que presentan tan estas características se localizan entre la frontera de Palmira y Boquete Cabecera, hacia el occidente del distrito y un pequeño parche en el sur de Jaramillo, cercano a los límites con Caldera

4.4.6. Cambios de uso del suelo

Mapa 10: Cambios de usos del suelo en el distrito de Boquete 2012 - 2021



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

El mapa de 10 representa gráficamente los cambios de uso del suelo en el distrito de Boquete, elemento fundamental para comprender no solo el fenómeno mencionado, sino que también la relación del mismo con la ocurrencia de desastres naturales en nuestra área de estudio. Las variaciones del uso de la tierra, como la pérdida de la cobertura boscosa y el esparcimiento de las zonas urbanas, acrecientan los riesgos ante estos eventos.

Figura 8: Cambios de usos del suelo en Boquete



Elaboración propia, 2025.

La tabla 6 registra los resultados del análisis de la dinámica del uso de la tierra en Boquete, se obtuvo que cerca del 85% de los suelos se han mantenido sin sufrir cambios, lo cual indica un esfuerzo por conservar la biodiversidad y los ecosistemas de la región. No obstante, se observa claramente una presión significativa sobre los recursos naturales, gracias a la transformación de bosques a pastos y rastrojos y cultivos (9%). Asimismo, la modificación de zonas boscosas a áreas pobladas apunta a que se ha dado un crecimiento urbano, que, aunque menor extensión, es posible que genere impactos significativos localmente.

La categoría de pastos y rastrojos sin cambios representa 114.9 km², las tierras cultivables que se han mantenido estables ascienden a casi lo 10 km², lo cual refleja que dichas áreas se han conservado relativamente constantes, esto indica un uso continuo y afianzado para las actividades productivas. Pero, la transformación del 2% del territorio de pastos y rastrojos a cultivos y área poblada e infraestructura, revela la intensificación en uso de la tierra, en respuesta al crecimiento y demanda de alimentos de la población. Dichos cambios tienen implicaciones ambientales, entre las que destacan la degradación de los suelos, la pérdida de la biodiversidad, entre otras.

Cabe resaltar que, aunque a algunas categorías, como los suelos cubiertos por la superficie de agua 0.36% y los afloramientos rocosos y tierra desnuda 0.4%, se presentan parcialmente estables, ya que, se han registrado pequeños cambios que son producto de la presión antrópica emergente.

Cuadro 6: Cambios de usos del suelo en Boquete

Categoría de Cambio de Uso	Área km²
Bosque sin cambios	232.36
Pastos y rastrojos – Bosque	32.72
Cultivos – Bosque	6.12
Superficie Agua – Bosque	2.167
Área poblada e infraestructura – bosque	2.4014
Afloramiento rocoso y tierra desnuda - Bosque	0.4587
Bosque a pastos y rastrojos	31.03

Pastos y rastrojos sin cambios	114.88
Cultivos - Pastos y rastrojos	6.11
Superficie agua - Pastos y rastrojos	0.95
Área poblada e infraestructura - Pastos y rastrojos	6.06
Afloramientos rocosos y tierra desnuda - Pastos y rastrojos	0.72
Bosque - Cultivos	12.92
Pastos y rastrojos - Cultivos	6.16
Cultivos sin cambios	9.70
Superficie agua - Cultivos	0.06
Área poblada e infraestructura - Cultivos	0.75
Bosque - Superficie de agua	0.57
Pastos y rastrojos - Superficie de agua	0.31
Cultivos - Superficie de agua	0.02
Superficie agua - Sin cambios	1.78
Área poblada e infraestructura - Superficie de agua	0.22
Afloramientos rocosos y tierra desnuda - Superficie de agua	0.01
Bosque - Área poblada e infraestructura	1.09
Pastos y rastrojos - Área poblada e infraestructura	3.42
Cultivos - Área poblada e infraestructura	0.76
Superficie agua - Área poblada e infraestructura	0.14
Área poblada e infraestructura sin cambios	11.92
Afloramientos rocosos y tierra desnuda - Área poblada e infraestructura	0.06

Bosque - Afloramientos rocosos y tierra desnuda	0.26
Pastos y rastrojos - Afloramientos rocosos y tierra desnuda	1.02
Cultivos - Afloramientos rocosos y tierra desnuda	0.02
Superficie agua - Afloramientos rocosos y tierra desnuda	0.14
Área poblada e infraestructura - Afloramientos rocosos y tierra desnuda	0.08
Afloramientos rocosos y tierra desnuda	1.98
Total	489.51

Elaboración propia, 2024

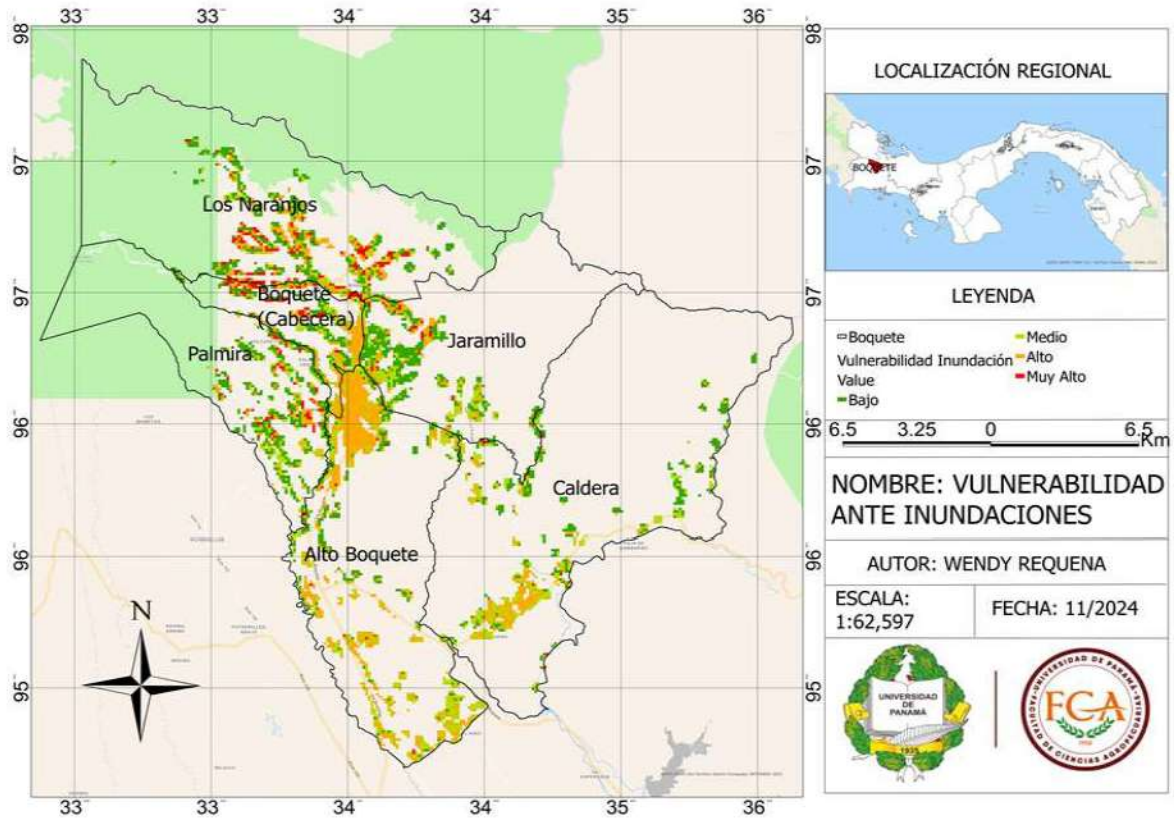
El análisis comparativo del uso de la tierra en Boquete en 2021 revela cambios significativos en la distribución de las categorías de cobertura terrestre en comparación con años anteriores. La ligera reducción del área de bosque (del 57% en 2012 al 56% en 2021) sugiere una presión continua sobre los ecosistemas forestales, posiblemente vinculada a la expansión de cultivos y zonas urbanizadas. Este patrón es consistente con estudios como el de Pineda (2011), que evidenció cómo la transformación del territorio en Valle de Santiago, México, estuvo influenciada por la conversión de áreas boscosas en suelos agrícolas y urbanos, afectando la estabilidad ecológica. Asimismo, la investigación de Heo et al. (2024) en Kalimantan y Sumatra subraya la relevancia de la cobertura del suelo en la evaluación del riesgo de deslizamientos e inundaciones, lo que refuerza la importancia de monitorear estos cambios en el distrito para anticipar posibles impactos ambientales.

En este sentido, el crecimiento de la zona destinada a cultivos (del 5% en 2012 al 6% en 2021) indica una intensificación de la actividad agrícola y una mayor regulación hídrica en la región, aspectos que deben ser considerados en la planificación territorial y la gestión del riesgo de desastres. La estabilidad relativa de los pastos y rastrojos, junto con la expansión del área poblada e infraestructura, refuerza la necesidad de estrategias de uso del suelo sostenibles que equilibren el desarrollo económico con la conservación ambiental. La aplicación de tecnologías SIG, como se ha demostrado en investigaciones previas, es fundamental para continuar evaluando estos cambios y diseñar políticas de gestión territorial que mitiguen los impactos negativos de la urbanización y el cambio en el uso de la tierra (Pineda, 2011; Heo et al., 2024).

4.5. Impacto del cambio de uso de la tierra sobre la comunidad y la población

4.5.1. Vulnerabilidad ante inundaciones

Mapa 11: Vulnerabilidad ante inundaciones en el distrito de Boquete



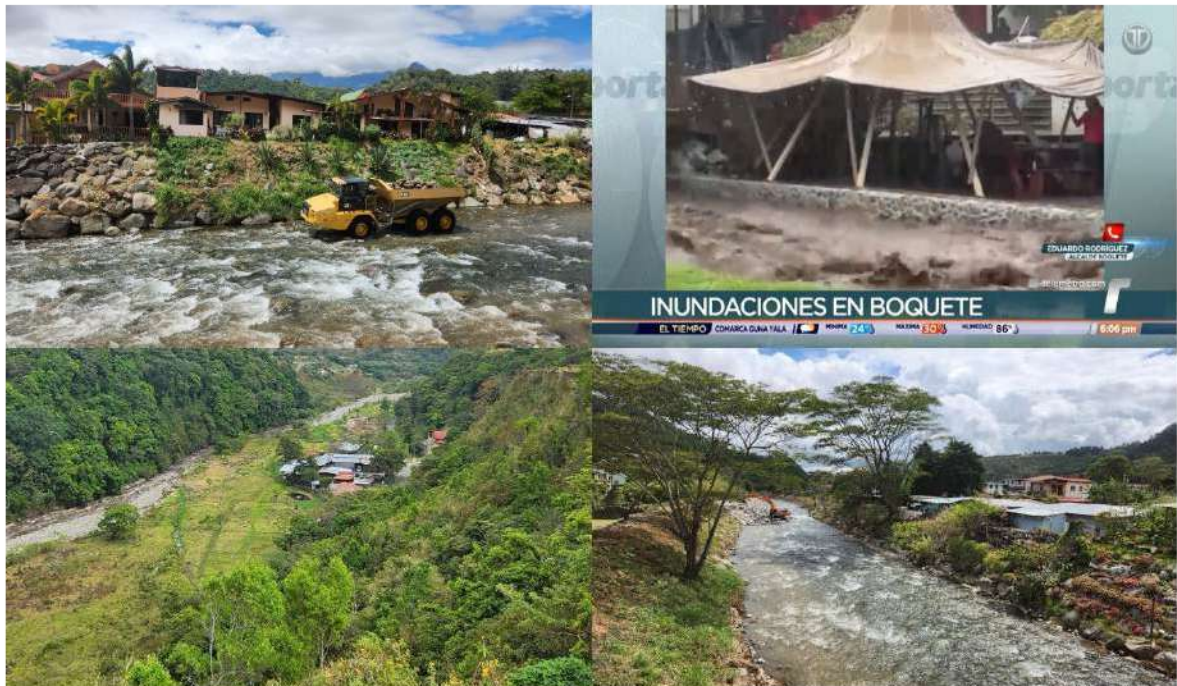
Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

El mapa 11 de vulnerabilidad del distrito de Boquete ante inundaciones, refleja una distribución diferenciada en el área de estudio, se resaltan aquellas áreas que presentan un riesgo muy alto frente estos eventos, las cuales se concentran principalmente en zonas próximas a los ríos como en Boquete Cabecera, los Naranjos y Palmira. Las casas ubicadas en estas regiones son susceptibles en

particular por su debido a su ubicación geográfica, la cercanía a cuerpos de agua, y la expansión de la urbanización, lo que contribuye a la impermeabilización de los suelos.

Por otro lado, aquellas zonas simbolizadas con el color naranja presentan un riesgo elevado de sufrir inundaciones. Estas regiones se concentran principalmente en Alto Boquete, caracterizado por ser el corregimiento más poblado del área de estudio, albergando cerca del 35% de la población en una región relativamente pequeña, comparado con otros corregimientos menos poblados. El sur de Caldera, además de algunos territorios de Boquete Cabecera y Los Naranjos también tienen cierta vulnerabilidad ante estos eventos.

Figura 9: Vulnerabilidad Inundaciones en Boquete

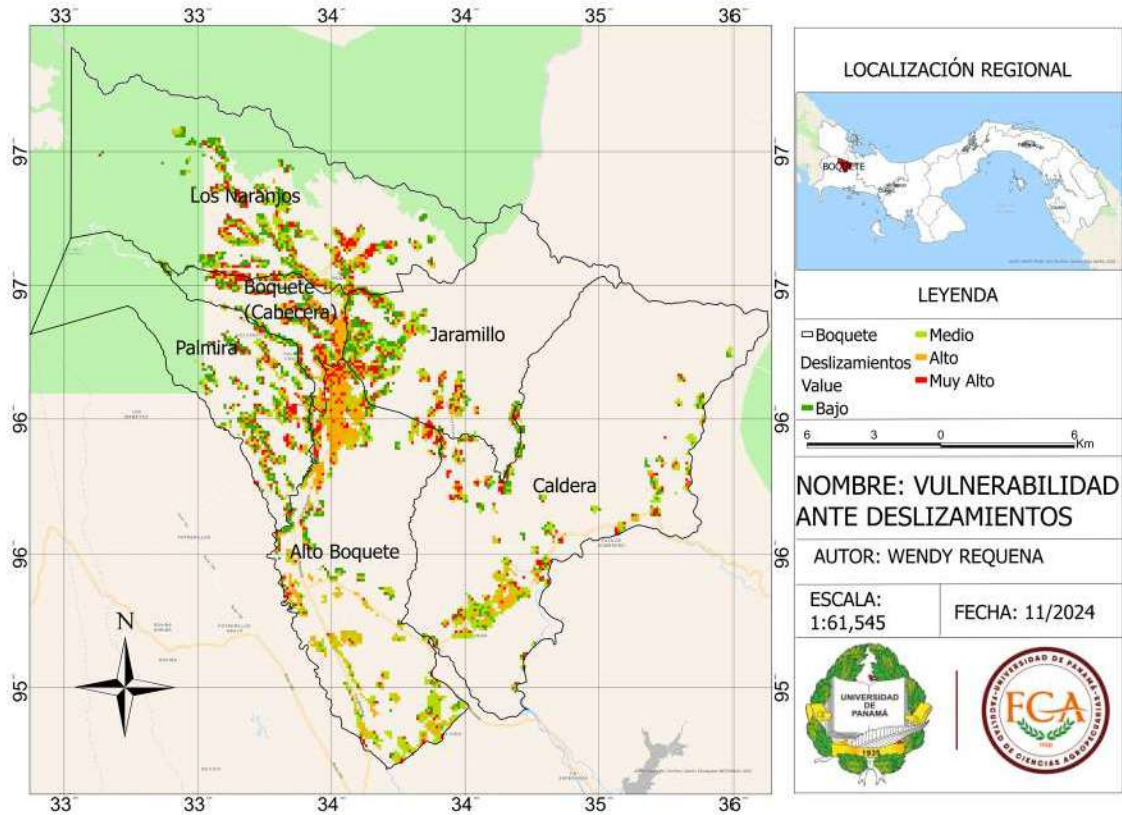


Fuente: Telemetro, 2024 & Elaboración propia, 2025.

Finalmente, las regiones simbolizadas por los tonos verdes representan los territorios que poseen riesgo bajo o medio de sufrir inundaciones, están ubicados principalmente en Jaramillo, Palmira y Caldera, sin embargo, en los demás corregimientos se pueden apreciar lugares con dichas características. Cabe señalar que los resultados son obtenidos basándose en las zonas pobladas del área de estudio.

4.5.2. Riesgo de deslizamientos

Mapa 12: Vulnerabilidad ante deslizamientos en el distrito de Boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

El mapa 12 de vulnerabilidad ante deslizamientos del área de estudio, evidencia que aquellas áreas que presentan un muy alto o alto riesgo a sufrir deslizamientos se ubican en principalmente en Los Naranjos, Boquete Cabecera, Alto Boquete y Jaramillo, sitios que están asociados a pendientes pronunciadas y suelos inestables, en donde es común la ocurrencia de este fenómeno.

Las zonas con menor vulnerabilidad se centran en el norte de los Naranjos, partes de Jaramillo, Palmira y Caldera presentan más estables, caracterizados por estar cubiertos por bosques o tener una densidad poblacional inferior, lo cual reduce la presión antrópica sobre los terrenos, lo que disminuye la susceptibilidad ante este fenómeno natural.

Figura 10: Afectaciones por deslizamientos en Boquete



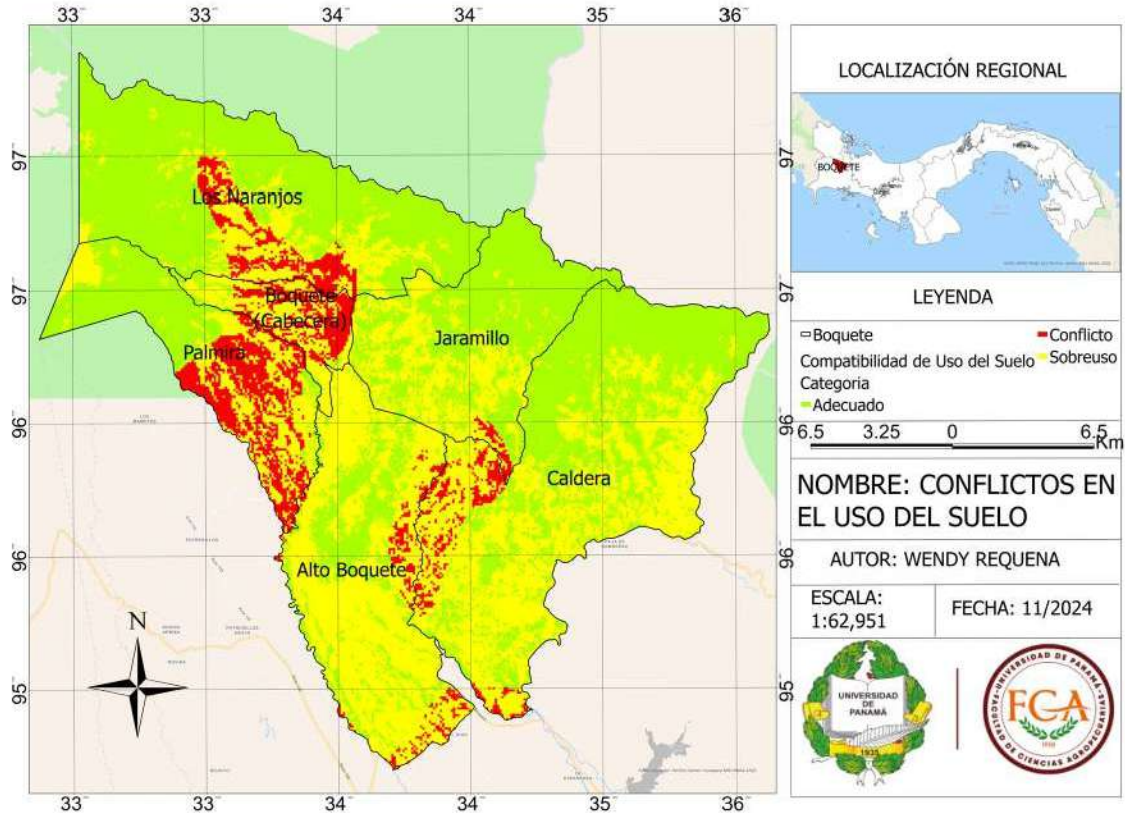
Fuente: Crítica, 2024 & Elaboración propia, 2025.

Los resultados obtenidos en este estudio son coherentes con los recientes eventos de desastres naturales en la región. Según el Inventario de las Incidencias de los Desastres en la República de Panamá al 2022, publicado por el Ministerio de Economía y Finanzas, las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro han sido particularmente vulnerables a deslizamientos de tierra e inundaciones en los últimos años (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). Específicamente, en

noviembre de 2024, fuertes lluvias provocaron deslizamientos significativos en Boquete, afectando varias viviendas y vías principales (González, 2024). Estas incidencias resaltan la creciente vulnerabilidad de la región, posiblemente exacerbada por la conversión de áreas forestales en zonas agrícolas y urbanas, lo que disminuye la capacidad del suelo para retener agua y aumenta la susceptibilidad a estos eventos.

4.6. Conflicto de uso del suelo

Mapa 13: Conflictos de uso de suelo en boquete



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

Los resultados del análisis de los conflictos del uso de la tierra en el distrito de Boquete reflejan una distribución significativa entre áreas en las cuales la cobertura es la adecuada, aquellas que presentan conflicto y las que están sometidas a sobre uso.

Cuadro 7: Conflictos de uso de suelo en boquete

Estado	Área
Adecuado	238.3
Conflicto	41.45
Sobreuso	210.07
Total	489.82

Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

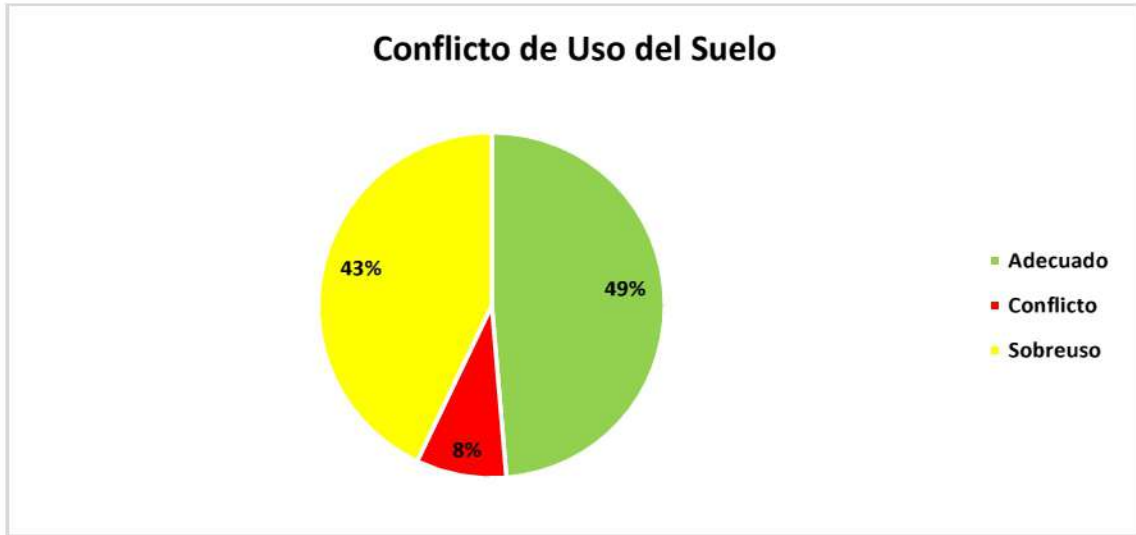
Los suelos que no presentan conflictos de uso, es decir, su cobertura es la adecuada, cubren un 49% del territorio, ya que se extienden por unos 238.3 km². Casi la mitad del distrito se está usando de forma apropiada, esto se aprecia en que las clases de estos suelos son principalmente VI, VII y VIII como se observa en el mapa 5 y los mismos están cubiertos en gran porcentaje de bosques, por lo que, al estar en armonía con sus características naturales, no enfrentan presiones significativas entre la actividad antrópica y el ambiente natural.

Figura 11: Conflictos en el uso del suelo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Gráfico 6: Conflictos de uso de suelo en Boquete



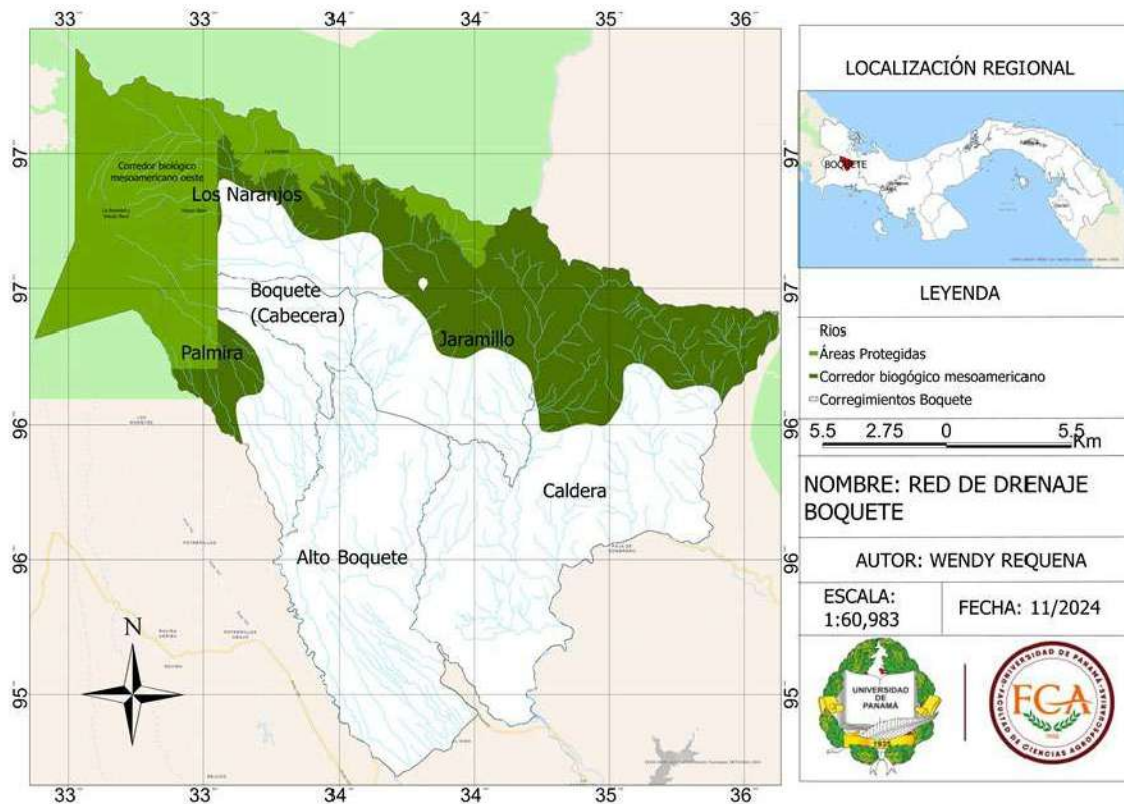
Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute.

El 8.5% del área, es decir 41.5 km², presentan conflictos, lo cual demuestra que existen tensiones entre los usos potenciales de la tierra, como la expansión de las zonas urbanizadas, la frontera agrícola, entre otros con la conservación de los recursos naturales. Además, el 42.5% restante se clasifica como tierras sobre usadas, es decir que el uso que se les está dando, va más allá de la capacidad de regeneración de los mismos, tierras cubiertas por tastos y rastrojos o cultivos que deberían estar cubiertas por bosques, de acuerdo con sus características como pendiente altamente inclinadas.

4.7. Impacto de la actividad antropogénica sobre el ambiente

4.7.1. Área protegida en el distrito de Boquete

Mapa 14: Área protegida en el distrito de Boquete



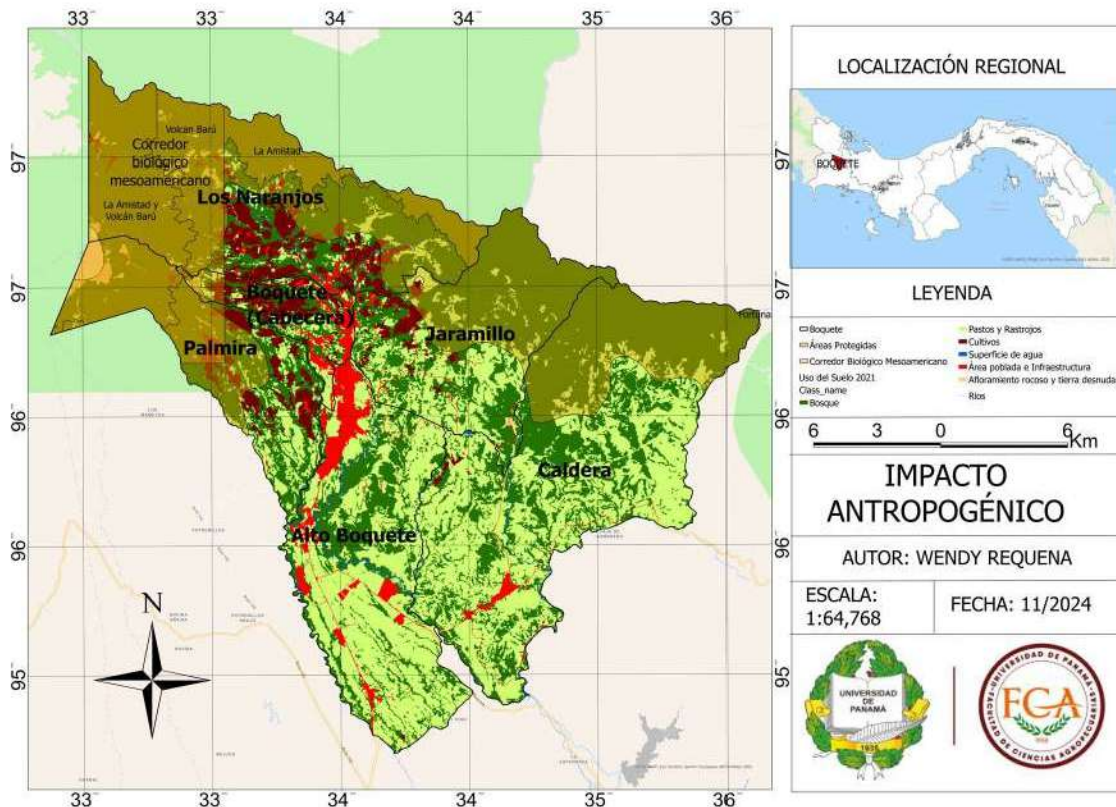
Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

Boquete es un distrito caracterizado por poseer una gran riqueza natural, su posición geográfica justifica la importancia del mismo en la preservación de la biodiversidad, ya que su extremo norte está cubierto por el Corredor Biológico Mesoamericano, compuesto por las áreas protegidas Parque Nacional Volcán Barú, Parque Internacional la Amistad y un pequeño segmento de la Reserva

Forestal la Fortuna. Esta red facilita la migración de especies y el flujo de energía contribuyendo a la conservación de los ecosistemas, por lo cual preservar el área no solo beneficia a nivel local, sino que también aporta a los esfuerzos regionales que buscan proteger los recursos naturales.

4.7.2. Impacto de la actividad antropogénica sobre los recursos naturales

Mapa 15: Impacto de la actividad antropogénica en el ambiente



Fuente: Elaboración propia, 2024. Datos obtenidos del Smithsonian Tropical Research Institute. Elaborado con ArcGIS Pro.

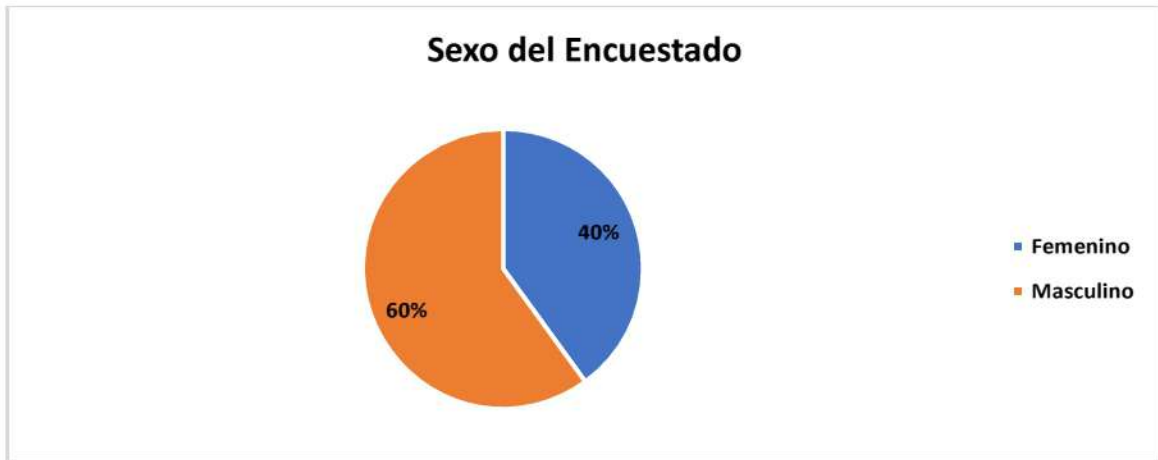
El mapa de impacto de la actividad antropogénica expone que las áreas protegidas de Boquete se localizan en el extremo norte, en las zonas montañosas de la Cordillera de Central, en esta zona se refleja una región significativa cubierta por bosques y nacimientos de afluentes. Además, existe una transición a espacios agropecuarios y urbanos. Las áreas protegidas son muy importantes para conservar la biodiversidad y la regulación del recurso hídrico, sin embargo se enfrentan a presiones relacionadas con las actividades agropecuarias y la expansión urbana, lo cual ocasiona la fragmentación del entorno, ya que la pérdida de bosques afectando la conectividad ecológica y aunque existen iniciativas de turismo sostenible, la creciente demanda de infraestructura y servicios para la población representan desafíos para la gestión de los recursos naturales, por lo que es fundamental impulsar prácticas de uso de suelo sostenibles involucrando a la comunidad en la conservación de estas regiones.

4.8. Percepción comunitaria sobre desastres naturales, prevención y gestión de riesgos

La percepción de la comunidad respecto a los desastres naturales y realizar acciones preventivas efectivas, es crucial en la minimización del riesgo (UNDRR, 2020). Diversas investigaciones han revelado que la forma en que los individuos valoran y entienden las amenazas naturales interviene directamente el grado de preparación y toma de decisiones previo, durante y posterior de un suceso catastrófico (Paton, 2019). En este contexto, es crucial analizar la percepción de la comunidad sobre los peligros de deslizamientos e inundaciones en el distrito de Boquete es fundamental para formular estrategias de mitigación que se ajusten a la realidad social y cultural de la zona.

En el caso de Boquete, donde la topografía accidentada y el crecimiento urbano han incrementado la susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones, conocer la percepción de la comunidad es esencial para diseñar planes de gestión del riesgo más efectivos (Linares, 2022). Investigaciones previas han demostrado que la participación ciudadana en la planificación y ejecución de medidas de mitigación mejora significativamente la resiliencia de las comunidades frente a los desastres (Ainuddin & Routray, 2012).

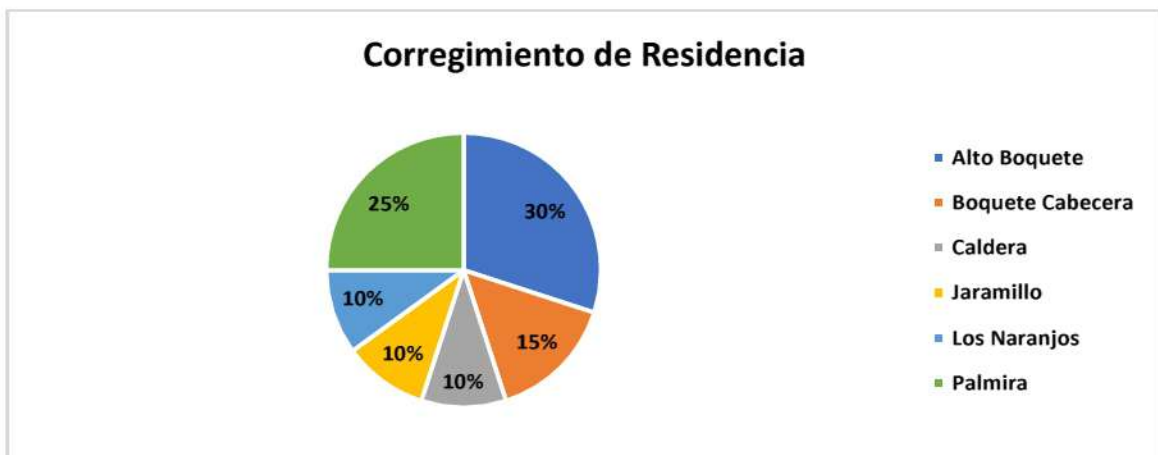
Gráfico 7: Sexo de los encuestados



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 40% de los encuestados son de género masculino, mientras que el 60% restante corresponde a participantes del género femenino, lo cual sugiere una mayor participación de varones en la encuesta, lo que puede influir en la percepción del riesgo en la comunidad.

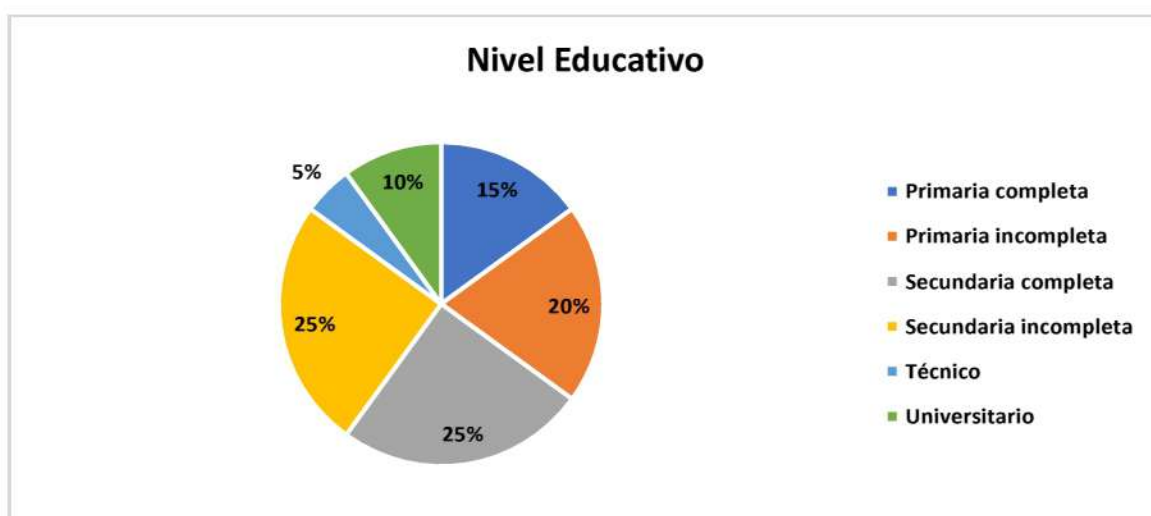
Gráfico 8: Corregimiento de residencia de los encuestados



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los resultados de la encuesta revelan que el 30% de los encuestados residen en Alto Boquete, mientras que el 15% en Boquete Cabecera, lo cual asciende a un 45%, debido a que son las zonas con mayor densidad poblacional. Los corregimientos de Jaramillo, Palmira, Caldera y Los Naranjos albergan al 55% restante.

Gráfico 9: Nivel educativo de los encuestados



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con la información plasmada en el gráfico 9 el 50% de los encuestados cuentan con alguna formación primaria, el 25% completa y el 25% incompleta, mientras que el 35% tiene una formación secundaria. El 10% fue a la universidad y el 5% posee una formación técnica. Estos resultados influyen en la percepción de las comunidades, ya que puede variar según el nivel educativo.

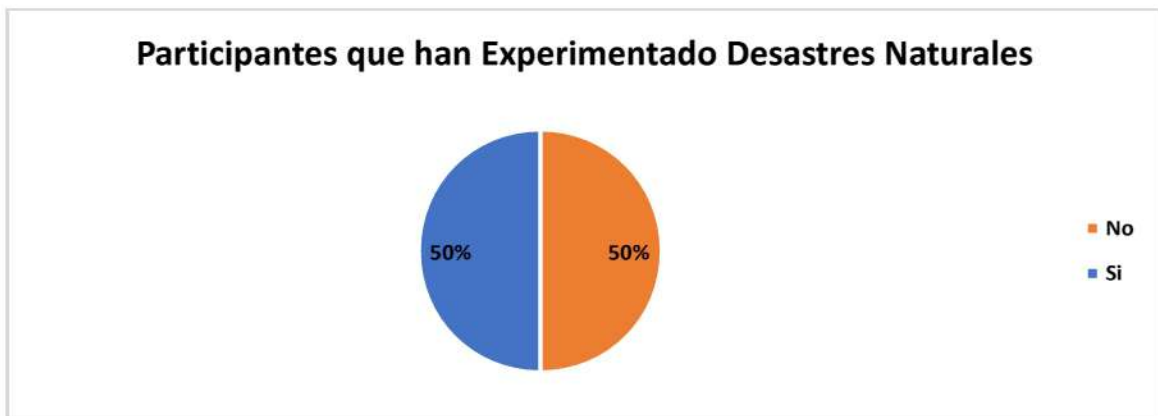
Gráfico 10: Fuente de ingresos de los participantes



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La principal fuente de ingresos, según los encuestados es la agricultura con el 25%, seguida del empleo público 20% y el turismo 20%, lo que indica una economía diversificada, pero con alta dependencia de estos sectores. El comercio representa un 20% en conjunto con los jubilados, mientras que albañiles 5%, amas de casa y quienes no especificaron su ingreso 5%, estas últimas son las categorías más bajas.

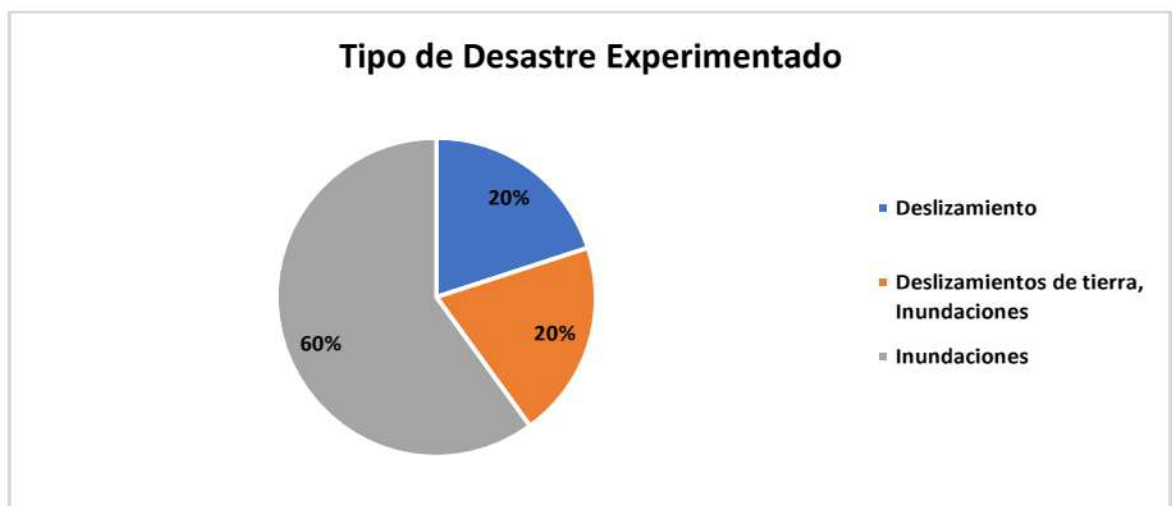
Gráfico 11: Participantes que han experimentado desastres naturales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los resultados revelan que el 50% de los encuestados han experimentado algún desastre natural a lo largo de su vida, mientras que el 50% restante no, lo cual demuestra que estos eventos son comunes en la región, pero no todos lo han vivido. Quienes ya tienen experiencia con los mismos, es posible que tengan mayor conciencia del peligro de los mismos, lo cual los ayuda a no minimizar los riesgos.

Gráfico 12: Tipo de desastre experimentado



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Del 50% de los encuestados que han experimentado algún desastre natural en la región, un 60% se ha enfrentado a inundaciones, mientras que el 20% a deslizamientos y el 20% restantes ha sufrido ambos fenómenos. Esto sugiere la necesidad de implementar medidas de prevención y respuesta para inundaciones principalmente y estrategias múltiples de riesgo para aquellas zonas que son vulnerables a los dos casos.

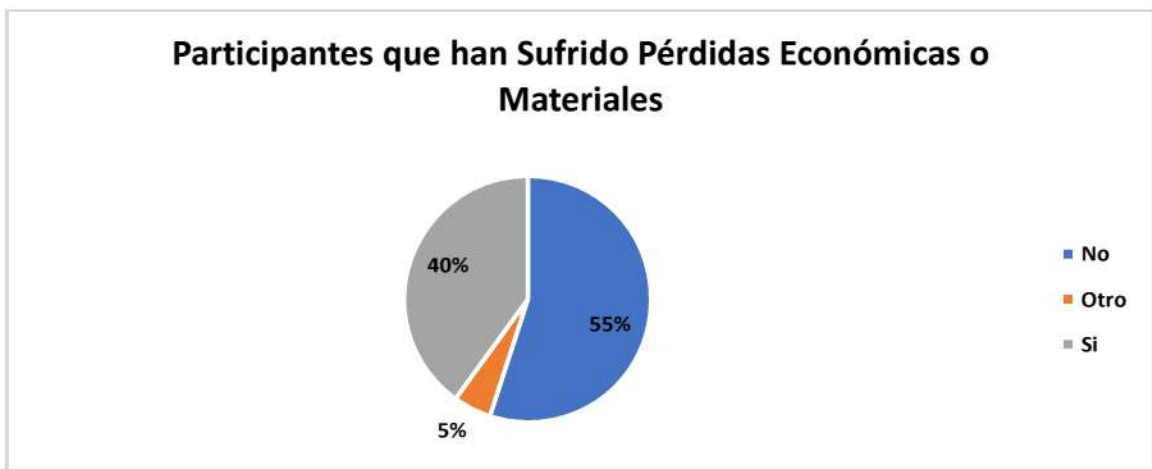
Gráfico 13: Percepción de capacitación sobre cómo actuar ante desastres naturales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los resultados revelan que el 85% de los participantes de la encuesta no han recibido capacitación sobre cómo actuar, mientras que el otro 15% si ha recibido. Esto indica que existe una gran brecha en la capacitación de la comunidad, lo que aumenta el riesgo a sufrir afectaciones en caso de desastres naturales.

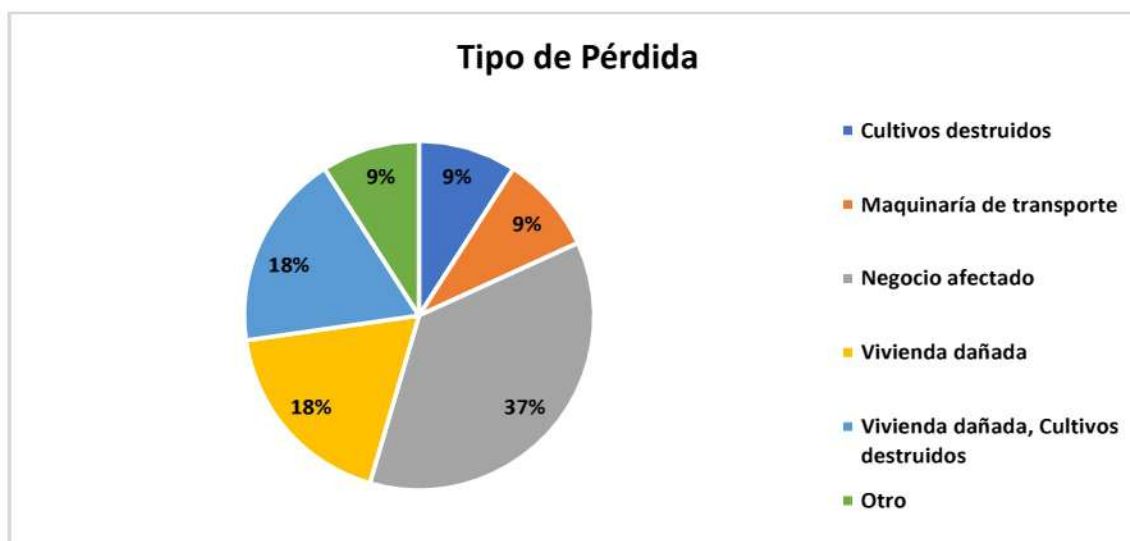
Gráfico 14: Pérdidas económicas y materiales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados obtenidos el 55% de las personas encuestadas no han sufrido pérdidas económicas o materiales, mientras que al 40% si le ha ocurrido esta situación. El participante que indicó otro tipo, se refiere a que un familiar perdió la vida a causa de una inundación en 1979.

Gráfico 15: Tipo de Pérdidas



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los resultados muestran que el 37% de los encuestados ha sufrido pérdidas en negocio, mientras que el 18% ha perdido sus cultivos, además un 18% ha enfrentado vivienda dañada y cultivos destruidos, el 9% recibió daños en maquinaria de transporte, vivienda y otro, que se refiere a la una vida humana. Así se evidencia el impacto diverso y significativo de estos desastres naturales en Boquete, afectando viviendas y medios de vida.

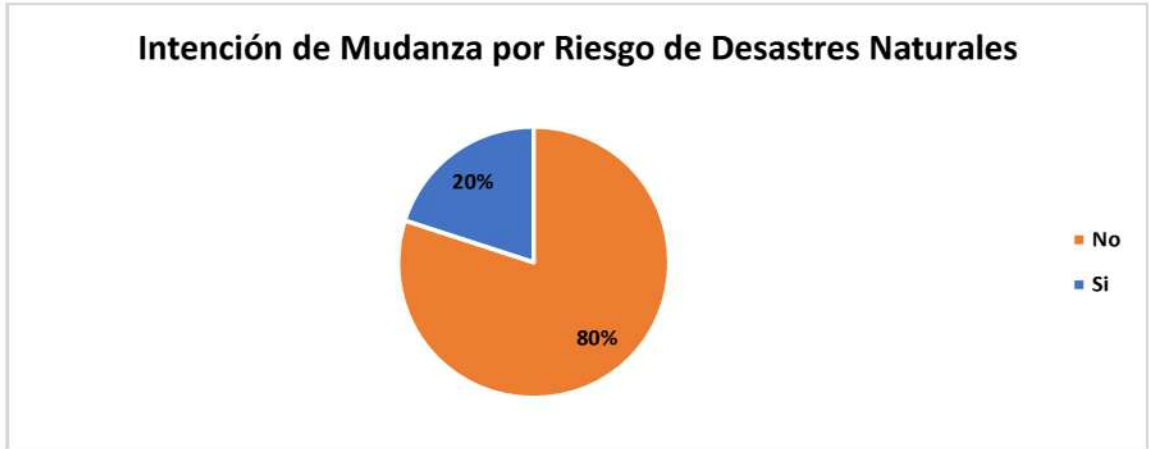
Gráfico 16: Percepción de la seguridad ante desastres naturales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Se consultó a los habitantes sobre su percepción de la seguridad ante desastres naturales en la comunidad que habitan, el 75% de los cuales respondió que, si se siente seguro en el lugar que vive, esto refleja una seguridad mayoritaria, esto se debe posiblemente a que no han sido víctimas de estos eventos y que su lugar de residencia está fuera de las áreas vulnerables en la región.

Gráfico 17: Intensión de mudanza debido a riesgos de desastres naturales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 80% de los habitantes encuestados no tiene intención de abandonar su lugar de residencia debido a los riesgos ante desastres naturales en la zona, esto refleja un fuerte arraigo a la comunidad, mientras que el 20% si considera la mudanza, por lo que, aunque la mayoría se siente segura, un porcentaje considerable si percibe vulnerabilidades.

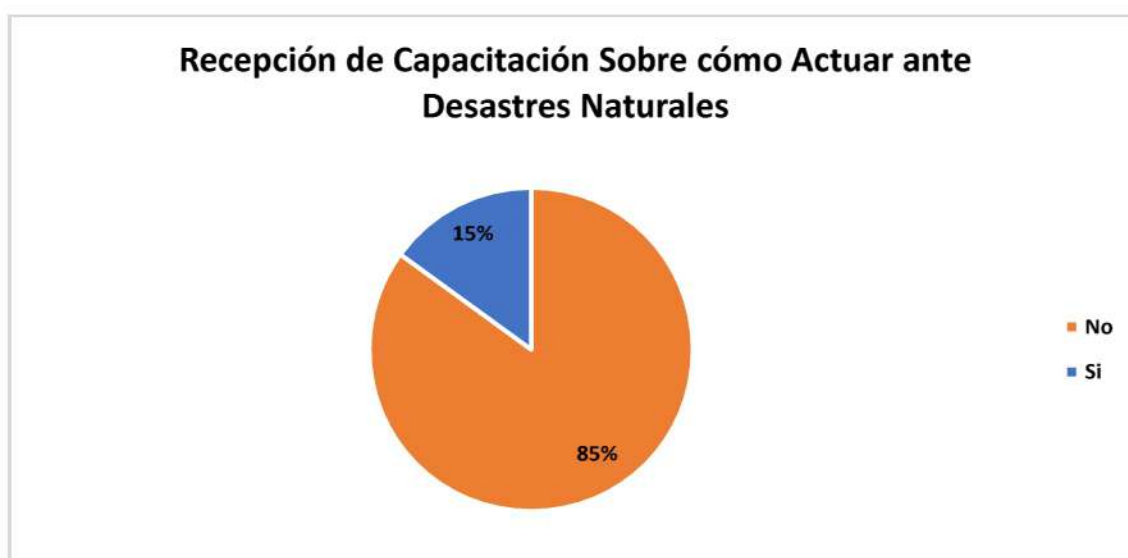
Gráfico 18: Percepción de preparación para enfrentar desastres naturales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los resultados, el 70% de los encuestados se siente poco preparado para enfrentarse ante un desastre natural, mientras que el 20% está nada preparado para uno de estos eventos y el 10% esta algo preparado. Esto sugiere un déficit en la capacitación de los habitantes del distrito, lo cual aumenta la probabilidad de pérdidas humanas y daños materiales.

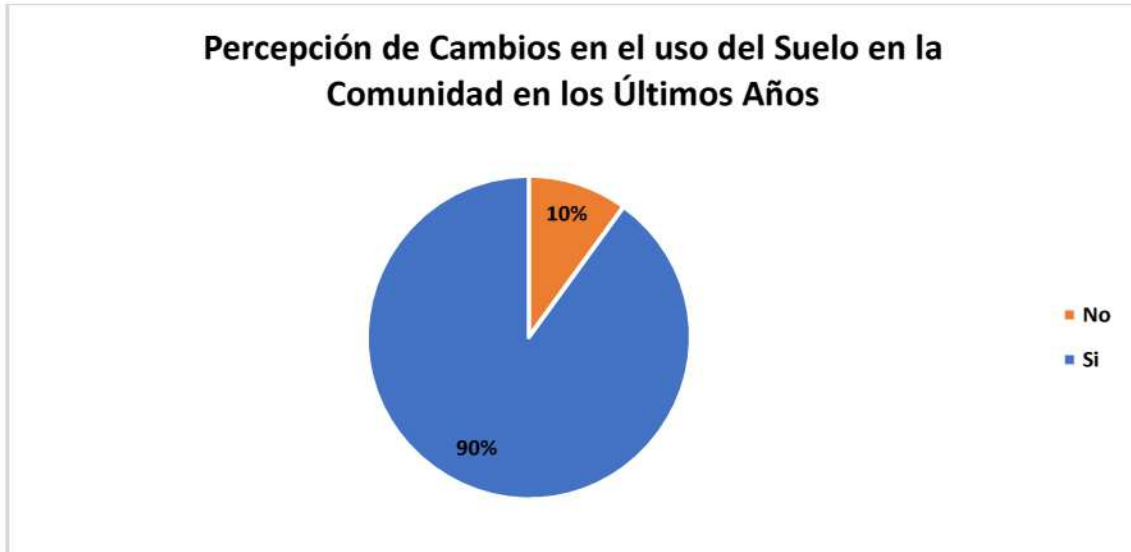
Gráfico 19: Recepción de capacitación sobre cómo actuar ante desastres naturales



Fuente: Elaboración propia, 2025.

El 85% de los encuestados respondió que no han recibido capacitación sobre cómo actuar ante un desastre natural, mientras que solo el 15% de los mismos se ha capacitado. Se observa una gran brecha en la preparación de la comunidad, lo cual aumenta el riesgo de la población a sufrir daños por este tipo de eventos.

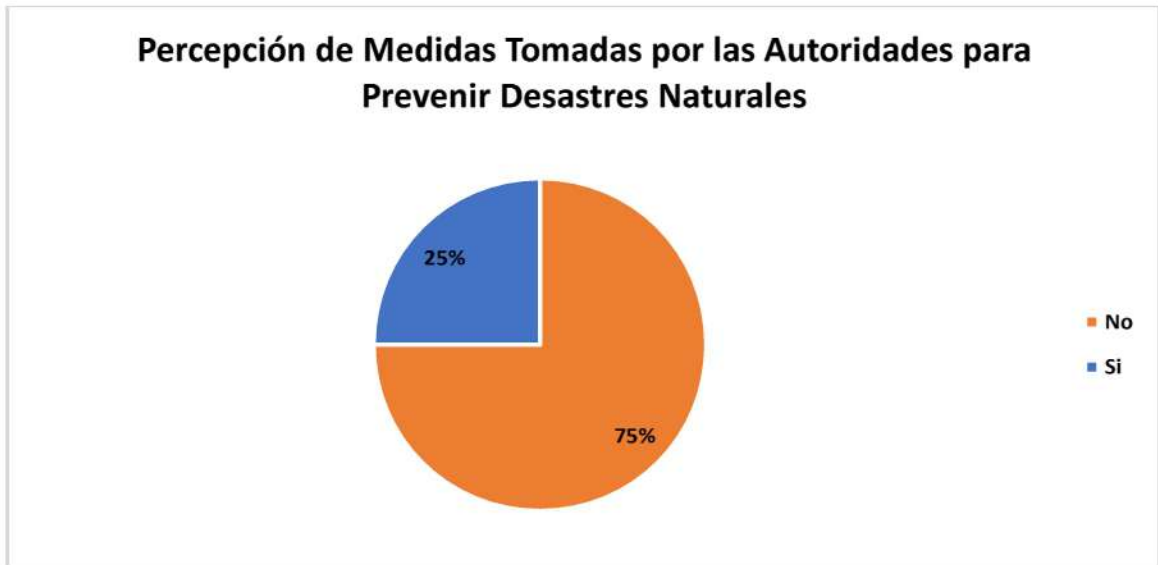
Gráfico 20: Percepción de cambios en el uso del suelo en la comunidad durante los últimos años



Fuente: Elaboración propia, 2025.

El 90% de los habitantes encuestados ha percibido cambios en el uso del suelo en la comunidad durante los últimos años, mientras que el 10% restante no ha notado variaciones en la cobertura. Esto revela una percepción generalizada de los cambios que se presentan en el entorno de su comunidad. Ellos afirman que han visto muchos casos en los cuales zonas boscosas son transformadas en áreas urbanas o cultivos, también territorios de cultivos se transforman en viviendas.

Gráfico 21: Percepción sobre el impacto de la deforestación y la expansión urbana



Fuente: Elaboración propia, 2025.

El 75% de los habitantes de la comunidad dicen que no se han tomado medidas efectivas para prevenir los desastres naturales en la región, mientras que el 25% afirma lo contrario. Es decir, que los encuestados no confían que las acciones que se han realizado son las adecuadas, ya que se sienten insatisfechos.

Cuadro 8: Medidas propuestas por la comunidad para reducir los riesgos

¿Qué medidas cree que deberían implementarse para reducir los riesgos en la comunidad?	
Actuar oportunamente	1
Capacitar a la población	1
Divulgar cuando se puede dar un evento climático	1
Educar a la comunidad	1
Educar a la población	1
Educar a la población	2
Enseñar a la población que hacer	1
Enseñar a los pobladores que riesgos pueden correr al vivir a orillas de un río	1
Estar alertas	2
Estar preparados en todo momento	1
Evitar construir en áreas vulnerables	1
Impartir docencia y realizar Volanteos, concientizar a las comunidades	1
Implementar alertas oportunas	1
Informar a los pobladores	1
Monitoreo oportuno, comunicar a la población sobre problemas ambientales	1
Que mejoren la comunicación	1
Realizar capacitación	1
Realizar monitoreos y capacitación	1

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Las respuestas destacan la necesidad de educar y capacitar a la población sobre riesgos y medidas de prevención, así como mejorar los medios de comunicación e implementar sistemas alertas tempranas para informar oportunamente. También se enfatiza la importancia de estar preparados en todo momento, fomentando una cultura de prevención. Además, se sugiere evitar construir en áreas vulnerables para reducir el riesgo. Estas acciones reflejan una preocupación por la falta de conocimiento y preparación, subrayando la urgencia de implementar programas educativos, mejorar la comunicación y fortalecer el ordenamiento territorial para aumentar la resiliencia de la comunidad.

5. CONCLUSIONES

Los cambios en el uso del suelo en Boquete durante el período 2011-2021 muestran una tendencia marcada hacia la remoción de cobertura boscosa, con la expansión de zonas residenciales y agrícolas. Esta transformación, si bien responde a la demanda de suelo para vivienda y producción agropecuaria, ha generado una degradación significativa del suelo en áreas con alta pendiente, aumentando la vulnerabilidad ante deslizamientos e inundaciones.

El análisis geoespacial permitió cuantificar estos cambios, evidenciando que la cobertura boscosa ha disminuido en un 1%, mientras que las áreas urbanas y agropecuarias han aumentado en 9.21 km². Este proceso ha reducido la capacidad de infiltración del suelo, intensificando el escurrimiento superficial y la erosión en zonas críticas.

Las áreas más vulnerables a deslizamientos en el distrito de Boquete incluyen Los Naranjos, Boquete Cabecera y Alto Boquete, donde las pendientes pronunciadas, la deforestación y las lluvias intensas generan condiciones de inestabilidad del suelo. De igual manera, la presencia de una extensa red hídrica, incluyendo el río Chiriquí y el río Caldera, incrementa el riesgo de inundaciones en estos sectores durante eventos climáticos extremos.

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilitó la identificación y mapeo de las áreas más susceptibles a estos fenómenos, proporcionando información clave para la planificación del territorio y la gestión del riesgo. Para mitigar estos impactos, es fundamental la implementación de estrategias de ordenamiento territorial, como la regulación del crecimiento urbano en zonas de alta pendiente, la promoción de sistemas agroforestales y silvopastoriles para reducir la erosión y la creación de sistemas de alerta temprana que permitan una respuesta rápida ante eventos de deslizamientos e inundaciones.

Estos resultados subrayan la necesidad de desarrollar políticas de uso del suelo más sostenibles, con un enfoque preventivo en la gestión del riesgo, que equilibre el desarrollo económico con la conservación ambiental, asegurando así la estabilidad del territorio y la seguridad de sus habitantes.

A partir del análisis realizado y los resultados obtenidos, se confirma que la hipótesis alternativa se cumple, ya que los cambios en el uso del suelo han influido significativamente en la ocurrencia de deslizamientos de tierra en el distrito de Boquete. La eliminación de cobertura boscosa para urbanización y actividades agropecuarias ha reducido la estabilidad de los suelos y ha aumentado la vulnerabilidad de ciertas zonas, como Los Naranjos, Boquete Cabecera y Alto Boquete. Estos hallazgos respaldan la necesidad de implementar estrategias de planificación y gestión del territorio que mitiguen los riesgos asociados a estos fenómenos.

Finalmente, los resultados de la encuesta reflejan una clara necesidad de educación y capacitación en la comunidad para enfrentar desastres naturales, así como la importancia de mejorar la comunicación e implementar sistemas de alertas tempranas. La percepción de inseguridad y falta de preparación subraya la urgencia de ejecutar medidas que fomenten una cultura de prevención y un ordenamiento territorial adecuado. Estas acciones, junto con la participación activa de la población, son esenciales para reducir los riesgos y aumentar la resiliencia ante futuros eventos.

6. RECOMENDACIONES

Se deben implementar medidas más estrictas para regular el uso del suelo en el distrito, principalmente en aquellas zonas que presentan pendientes accidentadas y que no son aptas para un uso distinto a conservación, que al alterar su cobertura eventualmente ocurren deslizamiento de tierra, que son muy frecuentes en la región.

Es necesario que los tomadores de decisiones tengan en cuenta los planes de ordenamiento territorial, que integren la sostenibilidad y conservación de la cobertura boscosa y que respeten las vocaciones de los suelos al momento de ejecutar proyectos.

Se debe llevar a cabo extensión en las áreas de producción agropecuaria, con el fin de realizar transferencia de conocimiento a los productores sobre el uso de los diferentes tipos de sistemas que se pueden implementar en su unidad productiva, ya sean agroforestales en el caso de cultivos y silvopastoriles en la producción ganadera, para minimizar la erosión y la degradación de los recursos naturales.

Se recomienda la creación de un sistema de alerta temprana para deslizamientos de tierra e inundaciones, basado en información meteorológica y análisis geoespacial, que permita monitorear en tiempo real la intensidad de las precipitaciones, saturación de los suelos. Debe tener instrumentos adecuados para medir estas variables y contar con un sistema de comunicación eficiente para llevar oportunamente la información las comunidades.

Es fundamental capacitar a las autoridades y moradores del distrito, en materia de la gestión del riesgo y estrategias de mitigación, para reducir el impacto de los desastres naturales en la población. Además de concientizar a los locales sobre los riesgos que conlleva la deforestación en la región.

Se recomienda realizar monitoreos frecuentes del uso de la tierra, mediante la implementación de imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar los cambios de la cobertura del suelo y su impacto en la estabilidad de los terrenos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ainuddin, S., & Routray, J. (2012). Earthquake hazards and community resilience in Baluchistan. *Natural Hazards*, 63(2), 909-937. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0201-x>

Alcaldía de Neiva, Oficina de Planeación Municipal, & Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Territorial Neiva, Ciudad Educadora*. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/20.500.14471/10557/4864-12.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

Alcántara, I. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones geográficas*, (41), 7-25. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000100002&lng=es&tlng=es

All About Boquete. (s.f.). Distrito de Boquete. <https://allaboutboquete.com/directory/municipio-del-distrito-de-boquete-listing-1684.aspx>

ArcGIS. (2022). Agrological Capacity of Panama Layer. https://stridata-si.opendata.arcgis.com/datasets/b3c1d9bc65c24065a59e6f7a437b293f_0/explore?location=8.557300%2C-80.076490%2C5.90

ArcGIS. (2022). Comprehensive Panama Protected Areas Dataset (2022).
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=b3c1d9bc65c24065a59e6f7a437b29>

3f

ArcGIS. (2022). Comprehensive Panama Protected Areas Dataset (2022).
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=b3c1d9bc65c24065a59e6f7a437b29>

3f

ArcGIS. (2022). Corredor Biológico Mesoamericano (2023).
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=9d04e12ba4da40e1880b2aa4a0a5d8>

18

ArcGIS. (2024).

Panama Country Boundary provides a 2022 boundary with a total population count.

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=afed3fb5d3f84eabb4dccb238715c89>

c

Arif, N., Wardhana, A., & Martiana, A. (2022). Spatial analysis of the urban physical vulnerability using remote sensing and geographic information systems (case study: Yogyakarta City). Earth and Environmental Science.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/986/1/012067/pdf>

Bernal, A., & Hernández, A. (2017). INFLUENCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DEL SUELO SOBRE SU ESTRUCTURA. Cultivos Tropicales, 38, (4),50-57.
<https://www.redalyc.org/journal/1932/193254602006/html/>

Bird, D., Gisladdottir, G., & Dominey-H. (2018). Different communities, different perspectives: Issues affecting residents' response to a volcanic eruption in southern Iceland. *Natural Hazards*, 90(2), 733-754. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00445-011-0464-1>

Boutet environmental. (2024). Evaluación de Riesgo de Deslizamientos en Boquete, Chiriquí . <https://www.instagram.com/boutetenvironmental/>

Cagua, C., Espin, R., Valencia, B., Simbaña, M., Araujo, S., Cornejo, C., & Ocampos, A. (2024). Análisis de susceptibilidad a deslizamientos empleando el proceso de jerarquía analítica en una carretera amazónica del Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*. 39(1), 117-138. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.07>

CENAPRED. (2019). Inundaciones. [https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2018/02/Folleto de Inundaciones.pdf](https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2018/02/Folleto_de_Inundaciones.pdf)

Creswell, W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4a. ed.). SAGE Publications, Inc. <https://www.eSuperficieedu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Crítica. (2024). ¡Destrucción y caos por lluvias en Boquete! Gobierno evalúa daño. <https://www.critica.com.pa/nacional/destruccion-y-caos-por-lluvias-en-boquete-gobierno-evalua-danos-474932>

Diéguez, M.. (2020). Inundaciones provocadas por el río Caldera, en Boquete (1970, 2005 y 2008). Piragua - Fuego Y Agua.

<https://piraguamdp.com/2020/05/24/inundaciones-provocadas-por-el-rio-caldera-en-boquete-1970-2005-y-2008/>

Drone Chiriquí. (2018). Espectacular vista del Volcán Barú, desde los Naranjos en Boquete. <https://www.instagram.com/p/Bjpoquun3hG/>

Drone Chiriquí. (2018). Muchos lugares de la provincia por descubrir. https://www.instagram.com/p/Bm6Mr3NHNhf/?img_index=1

Drone Chiriquí. (2018). Siembros de Palmas de aceites. <https://www.instagram.com/p/BiAR0aNHKKW/>

Drone Chiriquí. (2018). Simplemente Hermoso, Panorama de Caldera. (Fotografía). <https://www.instagram.com/p/BkDlnGAHgdI/>

Drone Chiriquí. (2020). Sobre vuelo en Alto Boquete. <https://www.instagram.com/p/CG2gT7ajYMw/>

Duque, G. (s.f.). RIESGO EN ZONAS DE MONTAÑA POR LADERAS INESTABLES Y AMENAZA VOLCANICA. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/51727/gonzaloduqueescobar.201450.pdf>

Esri (s.f). Aplicaciones de muestra de análisis hidrológico. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/hydrologic-analysis-sample-applications.htm>

Esri (s.f). ArcGIS Survey123. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/hydrologic-analysis-sample-applications.htm>

Esri (s.f). Crear un mapa con sus propios datos.
<https://doc.arcgis.com/es/navigator/android-tablet/help/make-a-map-with-all-your-own-data.htm>

Esri (sf). Superposición ponderada (Spatial Analyst). <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/weighted-overlay.htm>

Esri. (s.f). Análisis de distancia. <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/analyze/distance-analysis.htm>

FAO (s.f.). Deforestación, cambio de uso de la tierra y REDD.
<https://www.fao.org/4/i0440s/i0440s02.htm>

FAO. (2010). *Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres Una, Guía*.
<https://www.fao.org/4/i0304s/i0304s.pdf>

FAO. (s.f.). Portal de Suelos de la FAO. <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/#:~:text=Su%20significado%20tradicional%20se%20define,materia%20org%C3%A1nica%20aire%20y%20agua.>

Fundación Canal. (2011). *El agua como elemento clave para el desarrollo*. <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/pdf/El-agua-como-elemento-clave-para-el-desarrollo2.pdf>

García (2012). Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. FEDESARROLLO.
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/337/KAS%20SOLA_Deforestacion%20en%20Colombia%20retos%20y%20perspectivas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

González, S. (2024). Fuertes lluvias: Boquete bajo emergencia: lluvias provocan evacuaciones, desborde de ríos y graves deslizamientos - Nacionales. Tvn Panamá. [https://www.tvn-2.com/nacionales/boquete-emergencia-provocan-evacuaciones-fuertes-lluvias-inundaciones-desbordamiento-de-rios-sinaproc-noticias-panama-hoy_1_2164459.html?utm_source=chatgpt.com](https://www.tvn-2.com/nacionales/boquete-emergencia-provocan-<u>evacuaciones-fuertes-lluvias-inundaciones-desbordamiento-de-rios-sinaproc-noticias-panama-hoy_1_2164459.html?utm_source=chatgpt.com</u>)

Gordón, C. (2014). Caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá. 1990-2013. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 2(5), 04-25. <https://revistas.usma.ac.pa/ojs/index.php/ipc/article/view/32/30>

Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., & Stark, C. P. (2007). Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2, 98(3-4), 239-267.
<https://www.researchgate.net/publication/225426960> Rainfall thresholds for the initiation of landslides in Central and Southern Europe

GVA. (s.f.). FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA INESTABILIDAD DEL TERRENO.
https://habitatge.gva.es/estatico/areas/urbanismo_ordenacion/infadm/publicaciones/pdf/litologia/48_54factor.pdf

Hernández, E., García, J., Vázquez, G., & Cantellano, E. (2022). Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje en el centro de Veracruz, México (1989 - 2015). *Madera y bosques*, 28(1), e2812294. Epub 05 de septiembre de 2022.<https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812294>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6a. ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://www.eSuperficieedu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

<https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-1-parte05.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y censo. (2023). Superficie, población y densidad de población en la República, según provincia, comarca indígena, distrito y corregimiento: Censos de 2000, 2010 y 2023
<https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520231109105354CUADRO%2010.pdf>

Linaires, R. (2022). La percepción del riesgo de desastres en la comunidad Tunas de Zaza (Doctoral dissertation, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez).
<https://dspace.uniss.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8414/Ronald%20Linaires%20Acosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Llasat, M. (2012). Riesgos naturales: clasificación, conceptos y cuestiones. *Actuarios*, (31), 7-8.
<https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/en/media/group/1072440.do>

López, H., Balderas, M., Chávez, M., Pérez, I., & Gutiérrez, I. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano

mexicano. Ciencia Ergo Sum. 22 (2), 136-144.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10439327004>

Lozano, S., Olazo, M., Pérez, E., Castañeda, G., Díaz, G., & Santiago, M. (2020). Infiltración y escurrimiento de agua en suelos de una cuenca en el sur de México. *Terra Latinoamericana* 38: 57-66. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.443>

Medina, C., & Astudillo, J. (2016). Ubicación e Identificación de los Principales Deslizamientos de la Vía Macará – Sabiango de la Provincia de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16361/1/Astudillo%20Correa%2C%20Junior%20Ernesto%2C%20Medina%20Calva%2C%20Carlos%20Eduardo.pdf>

Medina, C., & Astudillo, J. (2016). Ubicación e Identificación de los Principales Deslizamientos de la Vía Macará – Sabiango de la Provincia de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16361/1/Astudillo%20Correa%2C%20Junior%20Ernesto%2C%20Medina%20Calva%2C%20Carlos%20Eduardo.pdf>

Mi Ambiente. (2021). Panamá realiza esfuerzos para mejorar la condición de los suelos. <https://www.miambiente.gob.pa/panama-realiza-esfuerzos-para-mejorar-la-condicion-de-los-suelos/>

Ministerio de economía y finanzas. (2023). Inventario de las Incidencias de los Desastres en la República de Panamá al 2022. <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2023/06/Inventario-de-los-Desastres-2023.pdf>

Ministerio de Seguridad Pública – Aviso de vigilancia y monitoreo. (2020, 14 noviembre). Ministerio de Seguridad Pública.

<https://www.minseg.gob.pa/2020/11/aviso-de-vigilancia-y-monitoreo/>

Montero, A., & Viales, R. (2015). LA TEORÍA DEL CAMBIO EN EL PAISAJE A PARTIR DEL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y LA COBERTURA DEL SUELO (ENFOQUE LUCC). SU UTILIDAD PARA LA HISTORIA AMBIENTAL. *Reflexiones*, 94(2), 25-33. <https://www.redalyc.org/pdf/729/72946471002.pdf>

Noriega, O., Gutiérrez, Y., & Rodríguez, J. (2011). Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta. *PROSPECTIVA*, 9(2), 93-102. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250980014.pdf>

Nuissl, H., & Siedentop, S. (2021). Urbanisation and Land Use Change. 10.1007/978-3-030-50841-8_5

OAS. (s.f.). Clasificación de los suelos según su capacidad de uso. [https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/ch028.htm#:~:text=Estas%20son%3A%20a\)%20Tierras%20apropiadas,para%20fines%20agropecuarios%20ni%20explotaci%C3%B3n](https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/ch028.htm#:~:text=Estas%20son%3A%20a)%20Tierras%20apropiadas,para%20fines%20agropecuarios%20ni%20explotaci%C3%B3n)

OEA. (s.f.). *Capítulo 5: Evaluación de riesgos naturales*. Recuperado de <https://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea57s/ch005.htm>

Pabón, E. (2022). Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay. 100 p. Tesis (Maestría en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

Área de Gestión. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8687/1/T3801-MCCSD-Pabon-Analisis.pdf>

Palmira del Banco. (2015). https://scontent.fpac1-3.fna.fbcdn.net/v/t39.30808-6/464603933_27410364088607703_5266996835082335711_n.jpg?nc_cat=100&ccb=1-7&nc_sid=cf85f3&nc_ohc=MLFinpTnAZ8Q7kNvgGAoCUO&nc_oc=Adi1I3AE3N5lZVRb0VR20G9LpGaQIB256PqMuh9advYyqT13N7mYP5kkpB_-0WVMWD8&nc_zt=23&nc_ht=scontent.fpac1-3.fna&nc_gid=AQxkmiYp3h7dt-9MI815hon&oh=00_AYBtaSUCbg3wvJQDqtweyMGtyLtoW4LzzjrD4GSpCvhVEA&oe=67BACEEA

Paton, D. (2019). Disaster risk reduction: Psychological perspectives on preparedness. *Australian Journal of Emergency Management*, 34(2), 22-28. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1111/ajpy.12237#d1e176>

Pérez, A., Regil, H., & Mas, J. (2020). Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva espacial en el estado de Guanajuato, México. *Investigaciones geográficas*, (103), e60150. Epub 09 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.14350/riq.60150>

Pineda, O. (2011). *Análisis multitemporal de los cambios de uso de suelo en el municipio de Valle de Santiago, Guanajuato, mediante percepción remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG)* (Tesis de maestría). Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial.

<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (2020). *Importancia de los ecosistemas forestales; especies de los bosques y selvas*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/profepa/articulos/importancia-de-los-ecosistemas-forestales-especies-de-los-bosques-y-selvas?idiom=es>

Programa Estado Nación (2022). *¿Qué factores están asociados a los desastres en Centroamérica y República Dominicana? - Programa Estado Nación*. Programa Estado Nación. <https://estadonacion.or.cr/que-factores-estan-asociados-a-los-desastres-en-centroamerica-y-republica-dominicana/>

[Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/16626/BVE21058393.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/16626/BVE21058393.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rico, F., & Rico, H. (2014). El uso del suelo, ¿Un problema de capacidad productiva y de políticas públicas?. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 5(2), 213-231. <https://www.redalyc.org/pdf/5177/517751549002.pdf>

Rico, M., & Rico, V. (2007). *Cambio de uso del suelo y degradación ambiental*. *Revista Ciencia*, 58(4). <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-anteriores/82-vol-58->

[num-4-octubre-diciembre-2007/comunicaciones-libres/135-cambio-de-uso-del-suelo-y-degradacion-ambiental](#)

Rivera, L. (2013). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. <https://www.researchgate.net/publication/258422312> [Artículo sobre SIG y deslizamientos en Panama](#)

Rogger, M., Agnoletti, M., Alaoui, A., Bathurst, J., Bodner, G., Borga, M., Chaplot, V., Gallart, F., Glatzel, G., Hall, J., Holden, J., Holko, L., Horn R, Kiss A, Kohnová S, Leitinger G, Lennartz B, Parajka J, Perdigão R, Peth S, Plavcová L., Quinton, J., Robinson, M., Salinas, J., Santoro, A., Szolgay, J., Tron, S., van den Akker, J., Viglione, A., & Blöschl, G. (2017). Land use change impacts on floods at the catchment scale: Challenges and opportunities for future research. *Water Resour Res.* 53(7), 5209-5219. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5575485/pdf/WRCR-53-5209.pdf>

[Sahagún, F., & Reyes, H. \(2018\). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. CienciaUAT. 12\(2\): 06-2. https://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v12n2/2007-7858-cuat-12-02-6.pdf](#)

Santamaría, T., Samudio, M., & Sáez, D. (2021). Determinación de áreas susceptibles a deslizamientos en el corregimiento de Cerro Punta, provincia de Chiriquí, Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 7, 9-18. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3242/3939>

Servicio Nacional de Aprendizaje & Cruz Roja Colombiana. (s.f.). *Inundaciones*. de <https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/3428/inundaciones.pdf?sequence=1>

SINIA. (2021). Suelos (datos abiertos). <https://sinia.gob.pa/suelos/>

SINIA-PANAMÁ. (2023). Plan Local de Ordenamiento Territorial del Distrito de Boquete. <https://www.sinia.gob.pa/index.php/files/358/Informe-Ambiental-Estrategico-para-el-Plan-de-Ordenamiento-Territorial-POT-del-Distrito-de-Boquete/482/Plan-Local-de-Ordenamiento-Territorial---Distrito-Boquete.pdf>

Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. (2000). *Las inundaciones*. En *Cómo vivir aquí* (5^a ed.). <https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc14707/doc14707-6.pdf>

Slovic, P. (2020). The perception of risk. *Risk Analysis*, 40(1), 219-233. https://www.researchgate.net/publication/325954197_The_perception_of_risk

STRI. (2022). Panama Distritos Boundaries 2022. <https://stridata-si.opendata.arcgis.com/search?q=corregimientos>

STRI. (2022). Panama Distritos Boundaries 2022. <https://stridata-si.opendata.arcgis.com/search?q=corregimientos>

STRI. (2022). Panama's OSM Road Network. <https://stridata-si.opendata.arcgis.com/datasets/dd8a5fe5524a466cad3c584d6375a72f/about>

Solano. (2022). Panama Detailed Stream Network 2022. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d8f99ed58d88463c87577a9e329413a4>

STRI. (2022). Watersheds Panama 2022. https://stridata-si.opendata.arcgis.com/datasets/95edd3000b4d4537a876261670e5c6d8_0/expl
ore

STRI. (2024). Panama Corregimientos Boundaries 2024. <https://stridata-si.opendata.arcgis.com/search?q=corregimientos>

STRI. (2024). Panama Province Boundaries 2024. <https://stridata-si.opendata.arcgis.com/search?q=corregimientos>

Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de suelos. [https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20\(1998\).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf](https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20(1998).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf)

Telemetro (2024). Alcalde de Boquete reporta inundaciones y deslizamientos por lluvias. <https://www.telemetro.com/nacionales/alcalde-boquete-reporta-inundaciones-y-deslizamientos-lluvias-n6017329>

UNESCO. (2018). Geoinformática para la gestión del riesgo de desastres. <https://www.un-spider.org/es/about/geoinformaci%C3%B3n-para-la-gesti%C3%B3n-de-riesgos-y-desastres-%E2%80%93-ejemplos-y-mejores-pr%C3%A1cticas>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2020). Global assessment report on disaster risk reduction 2020. United Nations.

<https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2020>

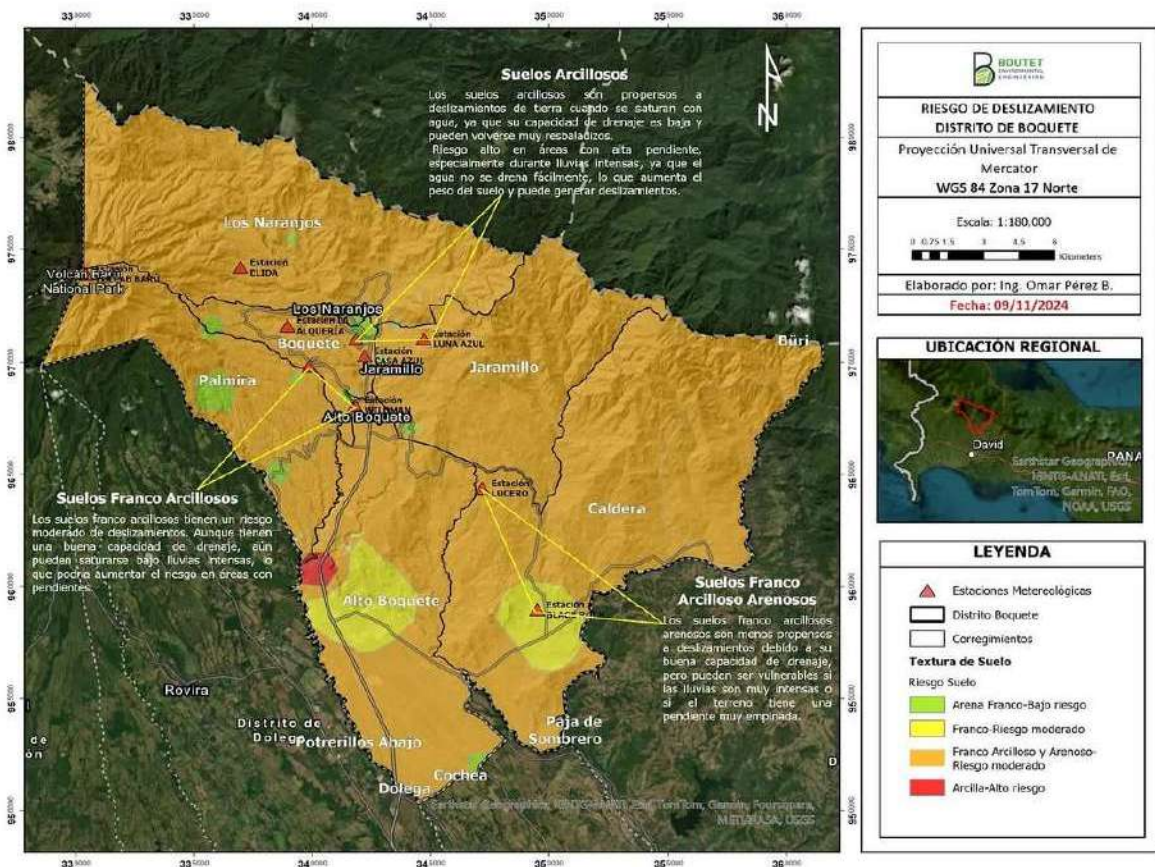
Universidad de San Carlos de Guatemala. (s.f.). Litología y Estructura Geológica.

Vallarino, R. (2021). Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para la prevención de desastres. UPM. <https://blogs.upm.es/puma/2021/12/13/los-sistemas-de-informacion-geografica-como-herramienta-para-la-prevencion-de-desastres/>

Vera, M., & Albarracín, A. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 109-136. <https://www.redalyc.org/journal/911/911150559006/html/#:~:text=La%20vulnerabilidad%20es%20funci%C3%B3n%20de,capacidad%20de%20adaptaci%C3%B3n%20o%20recuperaci%C3%B3n>

8. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de riesgo de deslizamientos en Boquete, Chiriquí entre el 2 y el 8 de noviembre de 2024, considerando la precipitación acumulada y la textura del suelo.



Anexo 2: Preguntas realizadas durante la encuesta a moradores de Boquete

1. Sexo del encuestado
2. Corregimiento donde reside
3. Nivel educativo
4. Principal fuente de ingresos
5. ¿Ha vivido algún desastre natural en Boquete que haya puesto en riesgo su vida o bienes?
6. ¿Qué tipo de desastre ha experimentado?
7. ¿Ha sufrido pérdidas materiales o económicas por algún desastre natural?

Si respondió "Sí", ¿qué tipo de pérdidas tuvo?
8. ¿Se siente seguro viviendo en su comunidad respecto a desastres naturales?
9. ¿Ha pensado en mudarse debido al riesgo de desastres naturales?
10. ¿Qué tan preparado se siente para enfrentar un desastre natural?
11. ¿Ha recibido información o capacitación sobre cómo actuar ante desastres?
12. ¿Ha notado cambios en el uso del suelo en su comunidad en los últimos años?
13. ¿Cree que la deforestación y la expansión urbana han aumentado los desastres naturales?
14. ¿Considera que las autoridades han tomado medidas adecuadas para prevenir desastres?
15. ¿Qué medidas cree que deberían implementarse para reducir los riesgos en la comunidad?