	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CODIGO	FO-GS-15	
			VERSION	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORO	REVISÓ	APROBO			
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad			

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JUAN DAVID APELLIDOS: AGUILAR QUINTERO

NOMBRE(S): JORGE IVÁN APELLIDOS: BUITRAGO GARCÍA

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GERSON APELLIDOS: LIMAS RAMIREZ

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): "ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REDUCCIÓN DE DESASTRES NATURALES, A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN DE LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE TOLEDO, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER".

Este proyecto titulado *"Estrategias para la Adaptación al Cambio Climático y la Reducción de Desastres Naturales, a partir de la Percepción de los Habitantes del Municipio de Toledo, Departamento de Norte de Santander"* aborda un importante tema relacionado con la sostenibilidad y la resiliencia de una comunidad específica en Colombia. En este estudio, se investigan las percepciones y preocupaciones de los residentes de Toledo, un municipio ubicado en el Departamento de Norte de Santander, sobre el cambio climático y los desastres naturales. El trabajo se centra en entender cómo la población local percibe los efectos del cambio climático y los riesgos asociados a desastres naturales, como inundaciones, deslizamientos de tierra y sequías. A partir de estas percepciones, se busca identificar estrategias efectivas de adaptación y reducción de riesgos que puedan implementarse en la comunidad.

PALABRAS CLAVES: adaptación, cambio climático, estrategias, desastre natural.

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 122 PLANOS: ___ ILUSTRACIONES: ___ CD ROOM: ___

****Copia No Controlada****

ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REDUCCIÓN
DE DESASTRES NATURALES, A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN DE LOS HABITANTES
DEL MUNICIPIO DE TOLEDO, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

JUAN DAVID AGUILAR QUINTERO

JORGE IVÁN BUITRAGO GARCÍA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REDUCCIÓN
DE DESASTRES NATURALES, A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN DE LOS HABITANTES
DEL MUNICIPIO DE TOLEDO, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

JUAN DAVID AGUILAR QUINTERO
JORGE IVÁN BUITRAGO GARCÍA

Director:

GERSON LIMAS RAMÍREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 7 DE SEPTIEMBRE DE 2.023 HORA: 10:00 A. M.

LUGAR: SALA DE JUNTAS - FU308 - UFPS

DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REDUCCIÓN DE DESASTRES NATURALES, A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN DE LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE TOLEDO, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER."

JURADOS: ING. JOSE MAURICIO JULIO SEPULVEDA
ING. CARLOS JAIR PORRAS MARTINEZ

DIRECTOR: INGENIERO GERSON LIMAS RAMÍREZ

CODIRECTOR: INGENIERO EDGAR JAVIER VILLAMIZAR FLOREZ

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
JUAN DAVID AGUILAR QUINTERO	1113481	4,3	CUATRO, TRES
JORGE IVÁN BUITRAGO GARCÍA	1113473	4,3	CUATRO, TRES

A P R O B A D A


ING. JOSÉ MAURICIO JULIO SEPULVEDA


ING. CARLOS JAIR PORRAS MARTINEZ

VO. BO. 
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

BETTY M

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. El Problema	13
1.1 Título	13
1.2 Planteamiento del Problema	13
1.3 Formulación del Problema	15
1.4 Justificación	16
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo General.	18
1.5.2 Objetivos Específicos.	18
1.6 Delimitaciones	18
1.6.1 Espacial	18
1.6.2 Temporal.	18
1.6.3 Conceptual.	18
1.7 Alcances y Limitaciones	19
1.7.1 Alcances.	19
1.7.2 Limitaciones.	19
2. Marco Referencial	20
2.2 Antecedentes	20
2.2.1 Antecedentes Internacionales.	20
2.2.3 Antecedentes Nacionales.	21
2.2 Marco Contextual	22

3. Metodología	24
3.1 Tipo De Investigación	24
3.2 Población y Muestra	25
3.2.1 Población.	25
3.2.2 Muestra.	25
4. Investigación Preliminar	26
4.1 Antecedentes Históricos de la Localidad	26
4.2 Localización Geográfica y Astronómica	27
4.3 Límites Geográficos y División Política	28
4.4 Relieve	30
4.5 Aspectos Climáticos	31
4.6 Vías de Comunicación	33
4.7 Geología	34
4.8 Factores desencadenantes de remociones de masa	39
4.9 Antecedentes para la evaluación de peligro de remociones de masa	44
4.10 Antecedentes teóricos para el análisis de estabilidad de Laderas	52
4.11 Clasificaciones de unidades geomorfológicas y evaluación de susceptibilidad a remociones en masa	71
5. Generalidades y Análisis de riesgo de remoción para el municipio de Toledo - Norte de Santander	73
6. Evaluación del peligro de remoción en masa para el municipio de Toledo	93
7. Análisis de Resultados	98
Conclusiones	144

Recomendaciones	116
Referencias Bibliográficas	118

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Control de la ladera en caídas de rocas. Modificada de Pierson et al., 1990.	70
Tabla 2. Geomorfología de la zona y el área que ocupa.	74
Tabla 3. Las diferentes veredas con presencias geomorfológicas.	74
Tabla 4. Relación entre características geológicas y área total para el municipio.	78
Tabla 5. Clasificación de las veredas de acuerdo a la geología.	79
Tabla 6. Unidades de suelo presentes en el área.	82
Tabla 7. Especiación de las veredas y zonas administrativas por suelos.	83
Tabla 8. Distribución de la cobertura vegetal de acuerdo al área que ocupa.	87
Tabla 9. Uso actual del suelo por veredas.	88
Tabla 10. Zonas de vegetación para el municipio de Toledo.	90
Tabla 11. Especiación de la vegetación para veredas y zonas administrativas.	90
Tabla 12. Datos sismológicos presentados para Toledo por la Red Sismológica Nacional para el 2015-Ahora.	92
Tabla 13. Clasificación de las veredas de acuerdo al grado de peligro y tipo de deslizamiento.	95

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Vista satelital de la cabecera urbana de Toledo.	30
Figura 2. Geología de Toledo. Sector del Cuadrángulo G-13 y Leyenda estratigráfica.	37
Figura 3. Condición estática en ladera.	56
Figura 4. Condición geométrica para ladera con grieta de tensión superficial.	57
Figura 5. Modelo de ladera infinita.	60
Figura 6. Definición del radio hidráulico en una sección de un río o canal.	64
Figura 7. Tipos de depósitos generados por flujos. Modificado de Van Dine (1996).	67
Figura 8. Formas de movimiento para caídas de rocas. Modificado de Hoek, 2000.	69

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. ¿Sabes qué es el cambio climático?	98
Gráfica 2. ¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático?	99
Gráfica 3. ¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático?	100
Gráfica 4. ¿Crees que el cambio climático es un problema grave?	100
Gráfica 5. ¿Has tomado medidas personales para reducir tu huella de carbono o contribuir a la lucha contra el cambio climático?	101
Gráfica 6. ¿Dónde obtienes información sobre el cambio climático?	102
Gráfica 7. ¿Tienes conocimiento sobre los riesgos de desastres naturales que pueden afectar tu área de residencia?	102
Gráfica 8. ¿Crees que estás preparado/a para afrontar un desastre natural?	103
Gráfica 9. ¿Tienes un plan de emergencia familiar en caso de desastre?	104
Gráfica 10. ¿Has participado en simulacros de desastres o entrenamientos de respuesta a emergencias en tu comunidad o lugar de trabajo?	104
Gráfica 11. ¿Tienes un kit de suministros de emergencia en tu hogar?	105
Gráfica 12. ¿Tienes un plan para tus mascotas en caso de un desastre?	105

Introducción

La adaptación al cambio climático y la reducción de desastres naturales se han convertido en temas cruciales en la agenda global. A medida que los efectos del cambio climático se vuelven más evidentes y los desastres naturales se vuelven más frecuentes y devastadores, es imperativo abordar estos desafíos desde una perspectiva que involucre activamente a los habitantes de las comunidades afectadas. La percepción de los habitantes desempeña un papel fundamental en el diseño y la implementación de estrategias efectivas para enfrentar estos problemas, ya que su conocimiento local y su experiencia pueden aportar información valiosa.

El cambio climático, causado principalmente por la emisión de gases de efecto invernadero, ha resultado en un aumento de la temperatura global, cambios en los patrones de precipitación, aumento del nivel del mar y la intensificación de fenómenos climáticos extremos como sequías, inundaciones, tormentas y olas de calor. Estos cambios tienen un impacto directo en la vida de las personas, sus medios de subsistencia y la infraestructura de las comunidades. La percepción de los habitantes sobre estos cambios es esencial para evaluar su vulnerabilidad y diseñar medidas de adaptación adecuadas.

Para abordar estos desafíos, es necesario desarrollar estrategias que involucren activamente a los habitantes en la toma de decisiones y en la implementación de medidas. A continuación, se describen algunas estrategias clave, como concientización y educación. La concientización es el primer paso para la adaptación al cambio climático y la reducción de desastres. Los habitantes deben comprender los riesgos y las implicaciones de estos fenómenos. Programas de educación pública, talleres y campañas de sensibilización pueden ser eficaces para aumentar el conocimiento y la percepción de la comunidad.

La participación activa de los habitantes en la toma de decisiones es esencial. Los gobiernos locales y las organizaciones deben fomentar la creación de comités de gestión del riesgo y la inclusión de la comunidad en la planificación y ejecución de medidas de adaptación y reducción de desastres.

Los habitantes a menudo poseen un conocimiento profundo de su entorno y sus patrones climáticos locales. Esta información es valiosa para la identificación de áreas de riesgo y la formulación de estrategias adecuadas. La recopilación de conocimientos tradicionales y locales puede complementar los datos científicos.

Las comunidades pueden trabajar junto con las autoridades locales para diseñar y construir infraestructuras resistentes al clima, como diques, sistemas de drenaje mejorados y edificios sostenibles. La colaboración entre los habitantes y los ingenieros especializados es crucial en este proceso; la implementación de sistemas de alerta temprana es fundamental para la reducción de desastres naturales. Los habitantes pueden participar en la difusión de alertas y en la preparación para eventos climáticos extremos.

La adaptación al cambio climático implica a menudo la diversificación de las fuentes de ingresos de las comunidades. Los habitantes pueden ser alentados a explorar opciones económicas más resistentes al clima, como la agricultura de conservación o el turismo sostenible.

La resiliencia no se trata solo de infraestructura física, sino también de la capacidad de las comunidades para hacer frente a las adversidades. La promoción de la resiliencia psicológica y social a través de la capacitación y el apoyo psicosocial es esencial.

1. El Problema

1.1 Título

“Estrategias para la adaptación del cambio climático y la reducción de desastres naturales, a partir de la percepción de los habitantes del municipio de Toledo, Departamento de Norte de Santander”.

1.2 Planteamiento del Problema

El cambio climático es una realidad innegable que ha generado una serie de impactos significativos en todo el mundo. A medida que la temperatura global aumenta, los patrones climáticos se vuelven más extremos y los eventos meteorológicos catastróficos se vuelven más frecuentes, afectando a comunidades enteras y amenazando la vida en el planeta. Además, los desastres naturales relacionados con el cambio climático, como inundaciones, sequías, tormentas y deslizamientos de tierra, se han convertido en una amenaza constante para la seguridad y el bienestar de las poblaciones en todo el mundo.

Para abordar estos desafíos, se ha vuelto esencial implementar estrategias efectivas de adaptación al cambio climático y reducción de desastres naturales. Sin embargo, la efectividad de estas estrategias depende en gran medida de la percepción de los habitantes de las comunidades afectadas. La percepción de los habitantes, es decir, cómo perciben y comprenden los riesgos climáticos y los desastres naturales, así como su participación en la planificación y ejecución de medidas de adaptación, juega un papel crucial en la formulación de políticas y programas exitosos.

El cambio climático ha provocado un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos en todo el mundo. Desde tormentas más fuertes hasta sequías prolongadas, estas manifestaciones del cambio climático tienen un impacto directo en las comunidades y sus habitantes. Los efectos incluyen pérdida de vidas, daños a la infraestructura, pérdida de cultivos y medios de subsistencia, y una mayor inseguridad alimentaria. Además, los desastres naturales relacionados con el cambio climático pueden generar movimientos de población, ya sea a través de desplazamientos temporales o migraciones permanentes, lo que aumenta la presión sobre los recursos y las capacidades de las comunidades receptoras.

En este contexto, la percepción de los habitantes es un factor crítico para entender y abordar los riesgos climáticos y los desastres naturales. La forma en que las personas perciben estos eventos determina su nivel de preparación, su disposición para tomar medidas preventivas y su capacidad para recuperarse después de un desastre. La falta de comprensión o percepción errónea de los riesgos puede llevar a la toma de decisiones inadecuadas y, en última instancia, a un mayor sufrimiento humano.

Además, la percepción de los habitantes también puede influir en la efectividad de las políticas y estrategias de adaptación y reducción de desastres. Cuando los habitantes no se sienten involucrados en la toma de decisiones o no entienden completamente las medidas propuestas, es menos probable que las apoyen o las implementen. Esto puede resultar en la falta de cooperación y en una respuesta ineficaz a los desafíos del cambio climático y los desastres naturales.

Por lo tanto, el planteamiento del problema radica en la necesidad de comprender y abordar la percepción de los habitantes como un factor crítico en la formulación de estrategias para la

adaptación al cambio climático y la reducción de desastres naturales. Esto incluye identificar cómo las comunidades perciben los riesgos, cuáles son las barreras que enfrentan para tomar medidas de mitigación y adaptación, y cómo se puede promover una mayor participación y comprensión de las estrategias propuestas.

Para abordar esta problemática, es esencial llevar a cabo investigaciones que examinen en detalle la percepción de los habitantes en diferentes contextos geográficos y culturales. Estas investigaciones deben considerar no solo la percepción de los riesgos climáticos, sino también la percepción de las políticas gubernamentales y las iniciativas comunitarias relacionadas con la adaptación y reducción de desastres. Además, es importante analizar cómo la percepción varía entre diferentes grupos demográficos, como género, edad, nivel educativo y ubicación geográfica.

En última instancia, abordar este problema es fundamental para desarrollar estrategias efectivas que protejan a las comunidades de los efectos del cambio climático y los desastres naturales. Al comprender la percepción de los habitantes y trabajar en estrecha colaboración con las comunidades locales, los gobiernos y las organizaciones pueden diseñar políticas y programas que sean más relevantes y efectivos, promoviendo la resiliencia y la sostenibilidad a largo plazo.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar estrategias para la adaptación del cambio climático y la reducción de desastres naturales, a partir de la percepción de los habitantes?

1.4 Justificación

La justificación de la investigación sobre estrategias para la adaptación al cambio climático y la reducción de desastres naturales, basada en la percepción de los habitantes, es esencial en un mundo donde el cambio climático se ha convertido en una realidad innegable y los desastres naturales amenazan la seguridad y el bienestar de las comunidades en todo el mundo. Esta investigación tiene múltiples razones para ser considerada de gran relevancia y pertinencia, y a continuación se presentan algunas de las principales justificaciones:

Impacto Global del Cambio Climático: El cambio climático es un fenómeno global que afecta a todas las regiones del mundo. Los impactos del cambio climático son cada vez más evidentes y abarcan desde el aumento de las temperaturas hasta la intensificación de fenómenos climáticos extremos. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de desarrollar estrategias efectivas para adaptarse a estos cambios y reducir los desastres naturales asociados.

Las comunidades en todo el mundo son vulnerables a los efectos del cambio climático y los desastres naturales. Esto es especialmente cierto en regiones propensas a fenómenos climáticos extremos, como huracanes, inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra. Comprender cómo las comunidades perciben y responden a estos riesgos es crucial para desarrollar estrategias de adaptación y reducción de desastres efectivas.

La participación activa de los habitantes en la toma de decisiones y la implementación de medidas es esencial para el éxito de cualquier estrategia de adaptación y reducción de desastres. Sin la cooperación y el compromiso de las comunidades afectadas, es poco probable que las políticas y programas sean efectivos a largo plazo.

Muchas comunidades enfrentan barreras significativas para tomar medidas de adaptación. Estas barreras pueden incluir limitaciones financieras, falta de acceso a información relevante y desafíos en la implementación de medidas. Comprender estas barreras y cómo se perciben es esencial para diseñar estrategias que las superen.

La percepción de los riesgos climáticos y los desastres naturales no es uniforme en todas las poblaciones. Diferentes grupos demográficos, como mujeres, jóvenes, personas mayores o minorías étnicas, pueden tener percepciones y necesidades específicas en relación con la adaptación y la reducción de desastres. Abordar estas desigualdades es crucial para garantizar una respuesta efectiva y equitativa.

La construcción de la resiliencia de las comunidades es esencial para garantizar que puedan enfrentar y recuperarse de los impactos del cambio climático y los desastres naturales. La resiliencia no solo implica infraestructura resistente al clima, sino también la capacidad de las comunidades para comprender, anticipar y responder a los riesgos.

La investigación en este campo puede contribuir significativamente al conocimiento científico en relación con el cambio climático, la percepción de riesgos y las estrategias de adaptación. Los hallazgos de esta investigación pueden ser utilizados por gobiernos, organizaciones no gubernamentales y comunidades para desarrollar políticas y programas más efectivos.

Los resultados de la investigación pueden ser directamente aplicables a la formulación de políticas y la toma de decisiones a nivel local, regional y nacional. Proporcionar información sobre cómo las comunidades perciben y responden a los riesgos climáticos puede mejorar la efectividad de las estrategias de adaptación y reducción de desastres.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General. Analizar y establecer estrategias para la adaptación al cambio climático y la reducción de desastres naturales basado en la percepción de los habitantes del municipio de Toledo, departamento de Norte de Santander.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Determinar la que habilidades pueden desarrollar los habitantes de Toledo respecto al cambio climático (Norte de Santander).
- Examinar la percepción de la comunidad en relación al cambio climático y de los desastres socio-naturales del municipio de Toledo (Norte de Santander).
- Proponer una estrategia educativa para la adaptación al cambio climático y prevención de desastres en el municipio de Toledo (Norte de Santander).

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Espacial. El proyecto se realizará sobre el área urbana del Municipio de Toledo, Norte de Santander.

1.6.2 Temporal. La realización del proyecto caracterización de residuos sólidos se realizará en un periodo de tiempo de 12 semanas con periodos de trabajo de 6 horas diarias, entre trabajo de campo, oficina y de redacción.

1.6.3 Conceptual. Este proyecto estará delimitado por los conocimientos adquiridos en la universidad relacionados con áreas de la ingeniería civil como son: estadísticas, procesos sanitarios, laboratorios.

Es importante aclarar que el desarrollo de este proyecto será estrictamente académico, si llegara a ser solicitado por una entidad debe llevar una revisión por parte de una persona o grupo de personas capacitadas en el medio para determinar su veracidad y corrección en caso de serlo.

1.7 Alcances y Limitaciones

1.7.1 Alcances. El presente proyecto es un estudio donde se dará a conocer la cantidad de residuos sólidos generados en el área urbana del Municipio Toledo (Norte de Santander).

El proyecto contempla:

- Recolección de datos.
- Análisis de datos.
- Resultados obtenidos en el estudio.

1.7.2 Limitaciones. En el desarrollo del proyecto, se podrían encontrar algunas limitaciones, tales como la veracidad de los encuestados al momento de realizar el sondeo. En este proyecto es importante dilucidar que su desarrollo es solamente académico, y pretender que llegara a ser utilizado por cierta entidad, exige una revisión por parte de una persona o grupo de personas capacitadas en el área específica para determinar su veracidad.

2. Marco Referencial

2.2 Antecedentes

2.2.1 Antecedentes Internacionales. *“Community Perceptions and Resilience to Climate Change: A Case Study in Fiji”*. Este estudio examina la percepción de los habitantes en Fiji sobre los riesgos del cambio climático y cómo estas percepciones afectan la resiliencia de la comunidad. Ofrece una visión detallada de cómo las percepciones de riesgo y la participación comunitaria son fundamentales en la adaptación al cambio climático en contextos insulares.

“Local Knowledge and Climate Change Adaptation in the Inland Valley Rice-Based Farming System of Southeast Nigeria”. Este estudio se enfoca en el conocimiento local y la percepción de los agricultores en el sudeste de Nigeria en relación con el cambio climático y sus estrategias de adaptación. Destaca la importancia del conocimiento local en la formulación de estrategias de adaptación efectivas.

“Community-Based Adaptation to Climate Change: A Review of Academic Literature”. Este artículo revisa la literatura académica sobre la adaptación basada en la comunidad al cambio climático. Destaca cómo la percepción de las comunidades influye en la efectividad de las estrategias de adaptación y subraya la relevancia de la participación comunitaria en este proceso.

“Social Capital, Adaptive Capacity, and Livelihood Resilience in Coastal Communities of Fiji”. Este estudio se centra en las comunidades costeras de Fiji y explora cómo el capital social y la percepción de los habitantes influyen en la capacidad de adaptación y la resiliencia de sus medios de subsistencia frente al cambio climático y los desastres naturales.

“The Role of Indigenous Knowledge in Building Climate-Resilient Livelihoods: A Case Study of Fisherwomen in Keta Lagoon Complex Ramsar Site, Ghana”. Investigación sobre el papel del conocimiento indígena y la percepción de las mujeres pescadoras en Ghana en la construcción de medios de vida resistentes al cambio climático. Destaca la relevancia de incorporar el conocimiento local en las estrategias de adaptación.

“Disaster Resilience and Community-Based Disaster Risk Management in Timor-Leste”. Este artículo se enfoca en Timor-Leste y examina cómo la percepción de las comunidades locales influye en la resiliencia ante desastres naturales. Resalta la importancia de la participación comunitaria en la gestión del riesgo de desastres.

2.2.3 Antecedentes Nacionales. *“Evaluación de la percepción de riesgo y vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos en comunidades rurales de Colombia”*. Este estudio, llevado a cabo en Colombia, analiza cómo las comunidades rurales perciben y se sienten vulnerables frente a eventos climáticos extremos. Explora la importancia de la percepción local en la toma de decisiones y la implementación de medidas de adaptación.

“Percepción y adaptación al cambio climático en comunidades costeras de Colombia”. Investigación que se centra en las comunidades costeras de Colombia y su percepción de los riesgos climáticos. Examina cómo la percepción influye en las estrategias de adaptación, incluyendo la gestión de riesgos costeros y la resiliencia comunitaria.

“Comunicación y percepción de riesgo ante desastres naturales en Colombia”. Este estudio se enfoca en la comunicación de riesgos y la percepción de los habitantes frente a desastres naturales en Colombia. Explora cómo la comunicación efectiva puede influir en la percepción de riesgo y la preparación de la comunidad ante eventos climáticos extremos.

“Participación comunitaria en la adaptación al cambio climático en Colombia”.

Investigación que analiza la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones y la implementación de estrategias de adaptación en Colombia. Destaca la importancia de la colaboración entre gobiernos locales y comunidades en la reducción de desastres.

“Evaluación de la percepción de los pescadores artesanales sobre el cambio climático en la costa caribeña de Colombia”. Este estudio se centra en la percepción de los pescadores artesanales en la costa caribeña de Colombia en relación con el cambio climático. Examina cómo esta percepción afecta sus estrategias de adaptación y medios de subsistencia.

2.2 Marco Contextual

El municipio de Toledo, ubicado en el departamento de Norte de Santander, Colombia, es una tierra con una historia rica y diversa que se extiende a lo largo de los siglos. Su pasado se teje con los hilos de la época precolombina, la colonización española, la lucha por la independencia y los desafíos y transformaciones del siglo XX. Esta tierra ha sido testigo de la coexistencia de culturas indígenas y europeas, así como de los avatares de la historia de Colombia.

Toledo, como muchos otros municipios colombianos, ha enfrentado y superado desafíos a lo largo de su historia, y su evolución refleja la resistencia y determinación de su gente en busca de un futuro mejor. En esta tesis, se explorará en profundidad la historia de Toledo, desglosando los momentos y eventos más significativos que han dado forma a su identidad y desarrollo. A través de un análisis detallado de los períodos precolombino, colonial, de independencia y del siglo XX, se arrojará luz sobre la evolución de esta comunidad y su contribución a la historia y cultura de Norte de Santander y Colombia en su conjunto.

Esta investigación no solo busca documentar la historia de Toledo, sino también comprender cómo esta historia se entrelaza con los procesos sociales, económicos y políticos que han marcado la región y han influido en la vida de sus habitantes. Al examinar críticamente los momentos clave en la evolución de Toledo, se espera proporcionar una base sólida para comprender su presente y considerar las perspectivas de su futuro.

3. Metodología

3.1 Tipo de Investigación

El estudio a realizar es de tipo descriptivo, ya que en un estudio descriptivo se seleccionan una serie de conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas y poder clasificar los residuos sólidos en orgánicos e inorgánicos.

Estos estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno; en este caso los residuos sólidos. El énfasis está en el estudio independiente de cada característica, es posible que de alguna manera se integren las mediciones de dos o más características con el fin de determinar cómo es o cómo se manifiesta el fenómeno.

En el tipo de descripción se usa el modo cuantitativo, donde el diseño de la investigación cuantitativa es una excelente manera de finalizar los resultados y probar o refutar una hipótesis.

Luego del análisis estadístico para poder establecer el número de muestras a recolectar, se seguirá a realizar las respectivas pruebas de laboratorio, llegando a los resultados para que puedan ser publicados legítimamente. Los experimentos cuantitativos también filtran los factores externos, si se diseñan adecuadamente, y de esta manera los resultados obtenidos pueden ser vistos como reales e imparciales.

También se conocerá como investigación aplicada, puesto que se estará utilizando todos los conocimientos adquiridos en la etapa de formación profesional referente al estudio a realizar.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. La población que se tendrá en cuenta en dicho proyecto será la población del área urbana del Municipio de Toledo, Norte de Santander, serán estos habitantes quienes se tendrán en cuenta para realizar los estudios a que haya lugar en esta investigación dado que se pueden ver afectados directa o indirectamente con la elaboración del mismo.

3.2.2 Muestra. Para la muestra se seleccionarán 80 habitantes del área urbana del Municipio de Toledo, Norte de Santander, ya que estos son los que generan los residuos sólidos que el objeto del estudio.

4. Investigación Preliminar

4.1 Antecedentes Históricos de la Localidad

Los antecedentes históricos de Toledo, un municipio en el departamento de Norte de Santander, Colombia, se remontan a épocas precolombinas, antes de la llegada de los conquistadores españoles. Aquí te proporciono una visión general de los antecedentes históricos de Toledo:

Época Precolombina: La región que hoy ocupa Toledo estaba habitada por diversas comunidades indígenas, entre ellas los chitareros y los borocas. Estos pueblos indígenas desarrollaron sus propias culturas, sistemas agrícolas y sistemas de vida en el territorio.

Llegada de los Españoles: Con la llegada de los conquistadores españoles en el siglo XVI, la región fue sometida al proceso de colonización. Los españoles establecieron encomiendas y ejercieron influencia en las poblaciones indígenas locales. Esta época marcó un cambio significativo en la vida de los habitantes nativos.

Fundación del Municipio: Toledo fue fundado como municipio el 10 de septiembre de 1773. Durante la época colonial, la región se destacó por la producción de caña de azúcar, cacao y otros cultivos agrícolas que eran altamente demandados en ese período.

Independencia: Durante el proceso de independencia de Colombia del dominio español, la región de Toledo también desempeñó un papel. Batallas y enfrentamientos ocurrieron en la zona, y finalmente, en 1821, se logró la independencia de España.

Siglo XIX y XX: A lo largo del siglo XIX y el siglo XX, Toledo experimentó un desarrollo gradual en varios aspectos. Se mejoraron las infraestructuras, se construyeron carreteras y se diversificaron las actividades económicas, incluyendo la agricultura y la ganadería.

Conflictos Armados: Como muchas otras regiones de Colombia, Toledo también se vio afectado por el conflicto armado que ha azotado al país en el siglo XX y principios del siglo XXI. La población enfrentó los desafíos y las consecuencias de la violencia y el desplazamiento forzado.

Hoy en día, Toledo es un municipio que sigue luchando por un desarrollo sostenible y una mejora en la calidad de vida de sus habitantes. La economía se basa principalmente en la agricultura, la ganadería y otras actividades relacionadas con la producción agropecuaria. Su historia es un testimonio de la evolución de una región en el contexto de Colombia y de la determinación de su gente en busca de un futuro más próspero y seguro.

4.2 Localización Geográfica y Astronómica

Toledo es un municipio ubicado en el departamento de Norte de Santander, en Colombia. Para proporcionarte su localización geográfica y astronómica más precisa, aquí tienes los detalles:

Localización Geográfica:

Departamento: Norte de Santander.

Coordenadas Geográficas: Toledo se encuentra aproximadamente entre las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud: 8.2050° N
- Longitud: 72.7425° O
- Altitud: La altitud de Toledo puede variar en diferentes partes del municipio, pero en promedio se encuentra a unos 50 metros sobre el nivel del mar.

Localización Astronómica:

- Huso Horario: Toledo, al igual que toda Colombia, se encuentra en el huso horario UTC - 5. Esto significa que está 5 horas detrás del Tiempo Universal Coordinado (UTC).
- Hora Local: La hora local en Toledo se ajusta al huso horario mencionado. Ten en cuenta que Colombia no observa cambios de horario de verano, por lo que la hora local es constante a lo largo del año.

4.3 Límites Geográficos y División Política

Los límites geográficos y la división política de Toledo, un municipio en el departamento de Norte de Santander, Colombia, se describen de la siguiente manera:

Límites Geográficos:

- Al Norte: Limita con República de Venezuela y municipio de Herrán
- Al Este: Limita con República de Venezuela.
- Al Sur: Limita con el departamento de Boyacá y el municipio de Chitagá.
- Al Oeste: Limita con los municipios de Chinácota, Labateca y Pamplonita.

División Política: El municipio de Toledo está subdividido en corregimientos y veredas, que son unidades administrativas más pequeñas que facilitan la gestión local. A continuación, algunos de los corregimientos y veredas que forman parte de Toledo:

Corregimientos:

- Corregimiento de Toledo (cabecera municipal).
- Corregimiento de Guamalito.
- Corregimiento de Los Aceites.
- Corregimiento de El Banco.
- Corregimiento de Bellavista.

Veredas: Toledo está compuesto por varias veredas que abarcan áreas rurales y agrícolas. Algunas de las veredas incluyen La Honda, La Primavera, Santa Rita, La Esperanza, entre otras. Estas veredas son importantes para la economía agrícola y ganadera del municipio.

Esta división política y geográfica es esencial para la administración local y para entender cómo se organiza el municipio de Toledo en términos de su territorio y las comunidades que lo componen.

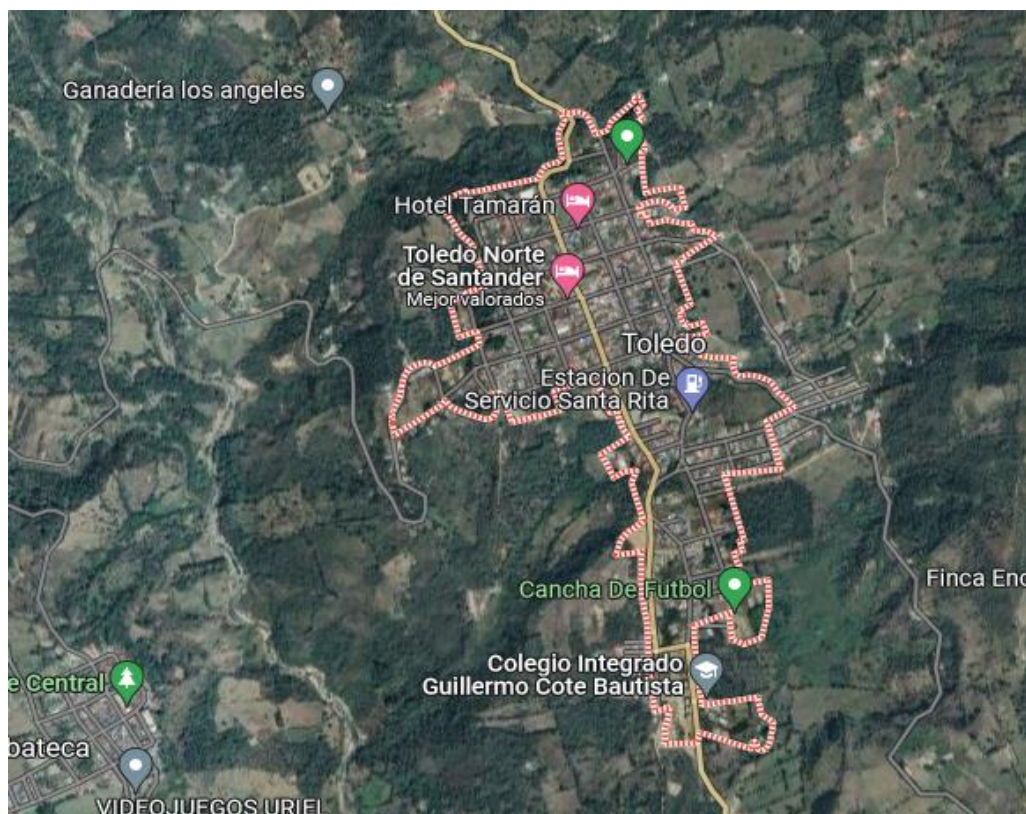


Figura 1. Vista satelital de la cabecera urbana de Toledo.

Fuente: Google Earth.

4.4 Relieve

- *Análisis Topográfico:* Realiza un análisis detallado del relieve utilizando datos topográficos, mapas de elevación y sistemas de información geográfica (SIG) para identificar las principales elevaciones, montañas, valles y áreas de pendiente pronunciada.
- *Geología y Formaciones Geomorfológicas:* Examina la geología de la región y cómo ha dado forma al relieve a lo largo del tiempo. Identifica las formaciones geomorfológicas específicas presentes en Toledo.
- *Hidrografía:* Investiga los ríos, quebradas y cuerpos de agua presentes en el municipio, y explora cómo han influido en la configuración del relieve y en la vida de la población local.

- *Suelos y Uso de la Tierra:* Estudia la composición y calidad de los suelos en relación con el relieve y cómo esto afecta las actividades agrícolas y ganaderas en la zona.
- *Clima y Microclimas:* Examina cómo el relieve afecta el clima en diferentes áreas de Toledo, incluyendo las variaciones en la temperatura, la humedad y las precipitaciones. Esto puede incluir la identificación de microclimas en diferentes elevaciones.
- *Paisajes Escénicos:* Identifica y documenta los paisajes escénicos más destacados y su importancia en términos de turismo y conservación ambiental.
- *Impacto en la Población y la Economía:* Investiga cómo el relieve influye en la vida cotidiana de la población, especialmente en la agricultura, el transporte y otros aspectos económicos.
- *Potencialidades y Desafíos:* Analiza las oportunidades y desafíos que presenta el relieve para el desarrollo sostenible de Toledo, incluyendo la gestión de riesgos naturales.

Al realizar un estudio detallado del relieve de Toledo, podrás proporcionar una visión completa de cómo este factor geográfico ha influido en la geografía, la economía y la vida de la población local. Además, podrás destacar su importancia en el contexto de la planificación territorial y el uso sostenible de los recursos naturales en la región.

4.5 Aspectos Climáticos

Toledo, ubicado en el departamento de Norte de Santander, Colombia, presenta una variedad de aspectos climáticos debido a su ubicación geográfica en la región andina. Aquí se describen algunos de los aspectos climáticos más relevantes de Toledo:

- *Clima Tropical de Altura:* Toledo se encuentra a una altitud significativa, lo que influye en su clima. Predomina un clima de tipo tropical de altura, con temperaturas promedio más

frescas que en las regiones de menor altitud. Esto se debe a la influencia de la altitud en la temperatura.

- *Variación de Temperatura:* Debido a su topografía montañosa, Toledo experimenta una variación de temperaturas significativa a lo largo del año. Las noches pueden ser frescas, mientras que los días son más cálidos. La variación de temperatura entre el día y la noche es común.
- *Precipitación:* Toledo experimenta una estación lluviosa y una estación seca, típicas del clima tropical. La estación de lluvias generalmente ocurre entre los meses de abril y noviembre, con una precipitación más intensa en los meses de mayo y octubre. La estación seca se extiende de diciembre a marzo.
- *Microclimas:* Debido a la topografía montañosa, es común encontrar microclimas en diferentes elevaciones. Las zonas más altas pueden ser más frías y húmedas, mientras que los valles pueden ser más cálidos y secos.
- *Riesgos Climáticos:* Toledo está sujeto a riesgos climáticos, como inundaciones y deslizamientos de tierra, especialmente durante la temporada de lluvias intensas. Estos eventos pueden afectar la vida de la población y la agricultura.
- *Agricultura:* El clima influye en la agricultura en Toledo. Los cultivos varían según la altitud y la disponibilidad de agua, con productos como café, cacao, caña de azúcar y hortalizas en las zonas más altas.
- *Turismo:* El clima agradable y los paisajes escénicos de Toledo son atractivos para el turismo. Los visitantes pueden disfrutar de la naturaleza y el ecoturismo en esta región.

Es importante destacar que estos aspectos climáticos pueden variar de un año a otro debido a las condiciones atmosféricas y el cambio climático. Para una tesis o estudio más detallado de los

aspectos climáticos de Toledo, sería útil recopilar datos climáticos a largo plazo y considerar cómo estos factores climáticos influyen en la vida de la población y en la agricultura en la región.

4.6 Vías de Comunicación

Acceso a la localidad.

El acceso a Toledo, un municipio en el departamento de Norte de Santander, Colombia, se realiza a través de varias vías de comunicación, principalmente terrestres. Aquí te proporciono información sobre las principales vías de acceso:

Carreteras: Carretera Nacional 55 (Ruta del Sol): Esta es la principal vía de acceso a Toledo desde otras regiones de Colombia. La Ruta del Sol conecta a Toledo con Cúcuta, la capital de Norte de Santander, y con otras ciudades importantes como Bucaramanga y Bogotá. Esta carretera es pavimentada y ofrece una conexión eficiente a nivel nacional. **Vía a Convención:** Desde el municipio de Convención, que limita con Toledo al este, existe una vía que conecta ambos municipios. Esta carretera es importante para el acceso desde esa dirección.

Transporte Público: Se puede acceder a Toledo en autobús desde Cúcuta y otras ciudades cercanas. Varias empresas de transporte terrestre operan rutas que conectan Toledo con el resto del departamento y otras regiones de Colombia.

Transporte Local: Dentro del municipio de Toledo, se utilizan carreteras locales y caminos rurales para acceder a las diferentes veredas y corregimientos. El transporte local generalmente se realiza en vehículos particulares, motocicletas o transporte público.

El acceso a Toledo es relativamente bueno debido a la presencia de carreteras pavimentadas y al hecho de que se encuentra en una región estratégica de Norte de Santander. Esto facilita la conexión con otras ciudades y municipios, lo que es importante para el desarrollo económico y la movilidad de la población. Ten en cuenta que las condiciones de las carreteras pueden variar según la temporada, por lo que es recomendable verificar el estado de las vías antes de planificar un viaje a Toledo.

4.7 Geología

Estratigrafía.

La geología de Toledo, un municipio situado en el departamento de Norte de Santander, Colombia, es un tema de estudio fundamental y de gran relevancia en el contexto de una tesis. Esta disciplina ofrece una comprensión profunda de la historia geológica, la formación del paisaje, la composición de los suelos y la identificación de recursos naturales en la región. Para una tesis más extensa sobre la geología de Toledo, aquí se proporciona una descripción ampliada:

Formación Geológica: La geología de Toledo es un testimonio de millones de años de procesos geológicos. Esta región se encuentra en la parte oriental de la cordillera de los Andes, una cadena montañosa que se extiende a lo largo de América del Sur. Las rocas que predominan en esta área son principalmente de origen sedimentario y volcánico.

- *Rocas Sedimentarias:* En Toledo, se encuentran diversas rocas sedimentarias que se formaron a partir de la acumulación de sedimentos en antiguos entornos marinos, fluviales y lacustres. Estas rocas incluyen areniscas, lutitas, margas y arcillas. Cada tipo de roca

sedimentaria ofrece pistas sobre los procesos geológicos y las condiciones ambientales que prevalecieron en el pasado.

- *Rocas Volcánicas:* La actividad volcánica en la región ha dejado una huella geológica importante. Las rocas volcánicas, como las andesitas y las tobas, son comunes en Toledo y se originaron a partir de erupciones volcánicas prehistóricas. Estas rocas no solo contribuyeron a la topografía local, sino que también son esenciales para entender la historia geológica de la zona.

Geología Estructural.

La actividad tectónica en la cordillera de los Andes ha dejado una serie de estructuras geológicas que son vitales para la comprensión de la topografía de Toledo. Esto incluye:

- *Pliegues:* La formación de pliegues en las capas rocosas es una característica común en áreas montañosas. Estas estructuras pueden indicar la compresión de las placas tectónicas a lo largo del tiempo.
- *Fallas y Fracturas:* Las fallas geológicas y fracturas pueden influir en la disposición de las rocas, lo que puede afectar la disponibilidad de agua subterránea y la estabilidad del suelo.

Suelos y Agricultura.

La geología juega un papel esencial en la composición y calidad de los suelos de la región. La variabilidad de las rocas sedimentarias y volcánicas influye en la textura, la fertilidad y la capacidad de retención de agua del suelo. Esto, a su vez, es fundamental para la agricultura y las actividades agropecuarias en la zona. La comprensión de la geología del suelo puede ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre qué cultivos son adecuados para la región.

Recursos Minerales.

Aunque la minería no es la actividad principal en Toledo, la geología podría estar relacionada con la presencia de recursos minerales. La exploración y la identificación de depósitos minerales pueden ser de interés económico y pueden requerir investigaciones geológicas adicionales.

Riesgos Naturales.

Dada su topografía montañosa y las estructuras geológicas presentes, Toledo puede ser vulnerable a riesgos naturales como deslizamientos de tierra y sismos. Un estudio geológico detallado es esencial para comprender y gestionar estos riesgos, lo que es crucial para la seguridad de la población y el desarrollo sostenible de la región.

Investigación y Conclusiones.

La investigación geológica en Toledo debe llevarse a cabo mediante técnicas de muestreo, análisis de laboratorio y modelado geológico. Esto permitirá a los investigadores recopilar datos precisos sobre la geología de la región y proporcionar conclusiones fundamentadas.

Una tesis extensa sobre la geología de Toledo podría explorar estos aspectos en profundidad y contribuir significativamente al conocimiento de la región. Además, sería valiosa para el desarrollo sostenible, la gestión de recursos naturales y la mitigación de riesgos en el municipio.

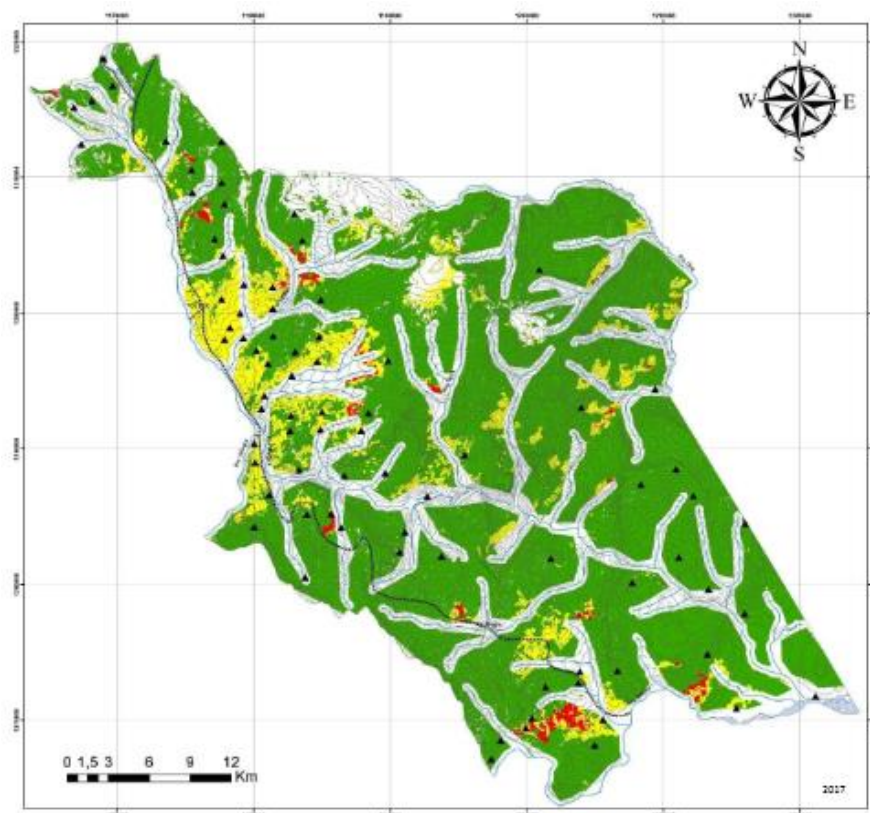


Figura 2. Geología de Toledo. Sector del Cuadrángulo G-13 y Leyenda estratigráfica.
Fuente: INGEOMINAS

Estructuras.

Toledo está incluido en el Cuadrángulo G-13. El área de este cuadrángulo reposa principalmente a lo largo de la vertiente Oriental de la cordillera Oriental y en la esquina sureste sobre la vertiente del norte de la cordillera de Mérida, donde esta bifurca de la cordillera Oriental. Las formaciones sedimentarias de edades Cretácea y Terciarias están encajonadas entre las dos cordilleras y comprenden la continuación extremo Suroeste de las de la Cuenca de Maracaibo. Un complejo ígneo metamórfico, en el área occidental del Cuadrángulo está limitado por la falla Las Mercedes, de rumbo N-S y buzando al oeste, que cabalga al este sobre los estratos Cretáceos.

Hidrogeología.

No se encontró ninguna referencia a estudios relacionados con aguas subterráneas elaborados para esta región, así como tampoco antecedentes de uso a ningún nivel de las mismas.

Erosión.

La erosión es el proceso mediante el cual se desprenden, transporta y deposita partículas del suelo o roca por la fragmentación y la falta de soporte lateral, todo esto combinado con las fuerzas de arrastre, generadas por el movimiento de las aguas de escorrentía.

Los procesos de erosión son muy frecuentes en los suelos residuales poco cementados en depósitos tipo aluvión y coluvión, especialmente los compuestos por limos y arenas principalmente. Cuando la cobertura vegetal ha sido removida por deforestación o cambio en el uso del suelo da como resultado zonas favorables para los procesos de degradación de los suelos.

En el municipio de Toledo se presenta erosión local de tipo laminar (por la acción del agua lluvia y la escorrentía), de tipo eólico (por acción del viento) y por la falta de protección del suelo debido a la escasa cobertura vegetal y al relieve fuertemente ondulado.

Fenómenos de Remoción.

Los fenómenos de Remoción en Masa, son procesos geológicos destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades. Las zonas montañosas húmedas son susceptibles a sufrir este tipo de problemas debido a que generalmente, se reúnen cuatro elementos importantes para su ocurrencia como son la Topografía o Pendiente del terreno, Sismicidad, Meteorización y Lluvias intensas; sumado a esto se ven favorecidos por la

desforestación y las actividades agropecuarias en zonas inestables denominadas Procesos Antrópicos.

Deslizamientos: Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, donde masas del substrato se resbalan a lo largo de las fallas, diaclasas o superficies de estratificación. Generalmente los deslizamientos van precedidos por movimientos de flujo. El movimiento puede ser progresivo y en una sola masa que se mueve o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o desestabilización de masas de tierras por el efecto de cortes, rellenos y deforestación.

Avalanchas.

Las corrientes superficiales que están presentes en el municipio de Toledo, por su ubicación de en una zona de alta actividad sísmica y por su conformación topográfica en la zona rural, podrían tener súbitas crecientes que en conjunto con probables deslizamientos podrían ocasionar el represamiento de sus aguas. En esos casos, el agua detenida puede llegar a ejercer presiones muy altas sobre el taponamiento hasta llegar a romperlo y de este modo producir una avalancha.

4.8 Factores desencadenantes de remociones de masa

Un agente gatillante o desencadenante es un factor externo que genera una respuesta traducida en una remoción en masa mediante el rápido incremento de esfuerzos o la reducción de la resistencia del material de una ladera (Wieczorek, 1996). Un agente gatillante se caracteriza principalmente por la existencia de un corto lapso entre causa y efecto. Entre los agentes desencadenantes más comunes de remociones en masa se cuentan principalmente las lluvias de

gran intensidad y los sismos; secundariamente las erupciones volcánicas, la intervención antrópica, la erosión de canales, entre otros.

Precipitaciones.

Vallejo Ferrer & Ortuño (2002) destacan que las lluvias como factores gatillantes de remociones en masa se encuentran relacionadas con su intensidad, duración y distribución. Así, precipitaciones de poca intensidad en periodos prolongados de tiempo y precipitaciones de gran intensidad en periodos cortos de tiempo podrían desencadenar eventos de remociones en masa en zonas donde el escenario sea favorable para ello. Dentro de este aspecto, las precipitaciones cortas e intensas serían susceptibles a provocar eventos superficiales, en tanto remociones más profundas serían provocadas por eventos distribuidos en largo periodo de tiempo (Alleoti, 2004).

Las precipitaciones actúan aumentando el grado de saturación de los materiales, tanto en suelo como en fracturas, aumentando temporalmente la presión de fluidos(μ).Teniendo en cuenta que el stress efectivo (σ') se define como $\sigma' = \sigma - \mu$, entonces es la disminución de este esfuerzo el que genera un descenso en la resistencia de los materiales durante un periodo de tiempo, con ello una baja en la estabilidad y un eventual fenómeno de remoción en masa. Además, las precipitaciones intensas aumentan la escorrentía superficial, aumentando con estola erosión del material en laderas con suelo suelto, y asociado se genera socavacióny/o disolución de la ladera.

En general, distintas zonas necesitarán lluvias de intensidad y/o duración que superen un umbral característico para generar remociones en masa. El conflicto radica en la estimación de estos umbrales, para lo cual se requiere de datos idealmente continuos de precipitaciones o con alta frecuencia que permitan la realización de análisis estadísticos para la zona de estudio. Sin

embargo, se ha encontrado en algunos casos que las precipitaciones no actuarían por si solas en la generación de remociones.

Además, es necesario recalcar la importancia que presenta la ocurrencia de fenómenos climáticos como lo es el fenómeno de El Niño (García, 2000), en el cual existe una tendencia al exceso de precipitaciones (inviernos con mayor días con lluvia y con precipitaciones de intensidades mayores) y de los niveles de caudales líquidos de esorrentía. Particularmente en Colombia, se ha establecido a través de estudios que recopilan los eventos de remociones en masa de aproximadamente los últimos 50 años, que existe una clara correlación entre la presencia del fenómeno El Niño y el desarrollo de tormentas gatillantes de eventos como flujos de barro y detritos en la zona (García, 2000).

De esta forma, puede observarse que los eventos de remoción en masa de mayor envergadura no necesariamente se generan en invierno, y están asociadas a generación de precipitaciones ante condiciones de temperatura alta.

Por su parte, Hauser (1997) establece que las lluvias generadas en periodos estivales en la zona andina, con un umbral de 60 mm/día, son de crucial importancia para la generación de eventos de remoción en masa, ya que esto se asocia con las características mecánicas tanto de los suelos superficiales como de las rocas que experimentan resecaamiento por ausencia de lluvias, generándose un microfracturamiento superficial propicio para la generación de flujos ante la presencia de lluvias repentinas e intensas.

Sismos.

Los sismos son otros grandes factores desencadenantes de remociones en masa en diversos escenarios geológicos y topográficos. Las aceleraciones sísmicas generan un cambio temporal en el régimen de esfuerzos al que está sometido la ladera, tanto normales como de corte, pudiendo producir su inestabilidad.

Keefner (1984) ha realizado estudios a partir de sismos ocurridos principalmente en Los Ángeles, EEUU., estableciendo que los tipos de remociones más abundantes generados por terremotos corresponderían a caídas de rocas, deslizamientos desagregados (*disrupted landslides*) de suelos con pendientes de laderas $>15^\circ$ y deslizamientos de roca con pendientes de laderas mayor o igual a 40° , y secundariamente derrumbes en suelo, deslizamientos en bloques de suelo y avalanchas de tierra. Los flujos y avalanchas de roca son estadísticamente los que han generado mayor cantidad de muertes y daños.

En sus estudios Keefner (1984) estableció magnitudes mínimas aproximadas para la generación de cierto tipo de fenómenos de remociones en masa, en base a observaciones de eventos de remoción en masa generados por sismos de magnitud menores o iguales a 5,3, estableciendo distancias máximas de 50 km entre el foco del sismo y zonas con ocurrencia de caídas de rocas y deslizamientos desagregados, para un evento sísmico de magnitud cercana a 5,5 y de 10 km para flujos de detritos y deslizamientos masivos, ante similares eventos sísmicos. Así mismo, se establece que otros factores, y no sólo la magnitud, tendrían influencia en la distancia máxima entre el foco del sismo y el lugar donde se genera la remoción, como son las variaciones que podría tener el movimiento del suelo durante un sismo y las condiciones geológicas locales.

En tanto, Sepúlveda (1998) ha estudiado factores como la amplificación topográfica de ondas sísmicas como causante de generación de fallas de laderas en roca, encontrando relaciones entre las dimensiones y forma de las laderas con la longitud de onda dominante que favorecen la amplificación topográfica y la consecuente generación de deslizamientos.

Por otro lado, las remociones en masa que involucran material suelto, sin cohesión, saturado y en pendientes de ladera bajas a moderadas comúnmente ocurren como resultado de una licuefacción del suelo inducida por el sismo. Este proceso es causado por perturbaciones rápidas en suelos saturados, sin cohesión, bajo condiciones de carga no drenada; estas condiciones hacen posible la generación de un exceso de presiones de poros y con ello una disminución de los esfuerzos efectivos actuantes sobre el suelo y su generación está condicionada por agentes de tipo histórico, geológico, composicionales y de estado (principalmente material suelto). Se ha observado y estudiado que este fenómeno puede darse tanto en arenas como gravas y limos (Gonzalez-Diez, 2002).

Otros factores.

Otros tipos de agentes gatillantes mencionados corresponden a la erosión de canales, la intervención antrópica, entre otros, asociados a la pérdida de resistencia del material involucrado ya sea producto de precipitaciones o por factores artificiales como son las sobre excavaciones, la realización de obras de arte en zonas susceptibles de ser removidas, represamiento de cauces, falla de presas de tierra, etc.

4.9 Antecedentes para la evaluación de peligro deremociones de masa

Enfoque metodológico para la evaluación de peligros de remoción de masa.

Últimamente, diversos autores han desarrollado en el mundo una serie de metodologías, utilizando diferentes herramientas, que buscan evaluar los procesos de generación de remociones en masa. Estos fenómenos han adquirido gran importancia dentro de los eventos naturales, principalmente asociados a los cambios climáticos que se han experimentado a nivel mundial. De manera general, estas metodologías tienen la característica de ser aplicables en zonas limitadas de estudio de acuerdo a sus características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, climáticas, entre otras.

El escenario global en que se desarrollan estas metodologías está asociado a los parámetros de análisis o a las herramientas que se utilizan para evaluar el peligro o el riesgo geológico (Alleoti & Chowdhury, 1999) presentan un escenario cuantitativo y uno cualitativo para la evaluación del peligro geológico. La experiencia en terreno y la generación de mapas de parámetros índices sobrepuestos son la base para la determinación cualitativa de susceptibilidades y peligros geológicos. En tanto el estudio cuantitativo está dado por análisis estadísticos, análisis geológicos- geotécnicos determinísticos o probabilísticos y generación de redes neuronales.

Popescu (2002), se basa en la evaluación de dos grupos de factores para determinar la generación de un evento de remoción en masa: los factores que preparan a la ladera y que la convierten en una zona susceptible de ser movilizada (que corresponde a los factores condicionantes) y los gatillantes, que se encargan de desencadenar el evento.

Acá se presenta la revisión bibliográfica de metodologías existentes para la evaluación del peligro o del riesgo geológico, dividiéndolas, de acuerdo al escenario propuesto por Aleotti & Chowdhury (1999), en metodologías cualitativas, cuantitativas o mixtas.

Metodología cualitativa.

Entre las metodologías revisadas, Parise (2001) presenta como método de evaluación de peligro geológico la generación de cuatro tipos de mapas, para la representación cartográfica de movimientos de laderas. Dentro de éstos se cuentan los mapas de inventario, que corresponden a un catastro de eventos anteriores y delimitan las unidades geomorfológicas asociadas a éstos. Este tipo de mapas intenta presentar una zonificación preliminar de áreas afectadas por deslizamientos. Lo siguen los mapas de actividad, que presenta un monitoreo de los deslizamientos activos al comparar en el tiempo el desplazamientos de las laderas. Los mapas de susceptibilidad, en tanto, muestran una zonificación base para planes de desarrollo de emergencia orientados a prevención y mitigación de daños. Por último los mapas de vulnerabilidad, que son orientados a la distribución y evaluación de elementos en riesgo.

Una nueva herramienta utilizada en la evaluación de peligro de deslizamientos es la presentada por Ercanoglu & Gokceoglu (2002). Corresponde a la generación de mapas de susceptibilidad y peligro mediante "Fuzzy Logic". Este estudio fue aplicado en Yenice, Turquía. Se basa en la identificación de factores condicionantes para la generación de remociones en masa (ángulo de talud, elevación topográfica, orientación de la ladera, presencia de agua, vegetación, meteorización). Fuzzy Logic permite ponderar cada uno de estos factores estableciendo reglas del tipo "si entonces". El objetivo de estas reglas es generar mapas de susceptibilidad dadas las características de la zona de estudio.

En la categoría de generación de mapas índices, adquiere gran relevancia el análisis de las zonas de estudio implementando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Donatti & Turrini (2002) proponen un método que permite ponderar según su importancia los diversos factores que influyen en la generación de deslizamientos. En éste, mediante la generación de mapas, se estudia el área afectada por escarpes de deslizamientos con respecto a los factores condicionantes determinados, que corresponden, entre otros, a litología, orientación de laderas, presencia de lineamientos y fallas. Pasuto y Soldati (1999), por su parte, establecen la importancia de la delimitación de unidades geomorfológicas de remociones anteriores, junto con la datación de muestras de materia orgánica, para establecer la cronología y sucesión de eventos.

Metodologías cuantitativas.

Entre las metodologías revisadas en esta sección, se encuentran algunas metodologías cuantitativas, probabilísticas y/o determinísticas, o estadísticas, enfocadas tanto al estudio de factores condicionantes como gatillantes. Enfocándose en factores condicionantes de inestabilidad de laderas, Ercanoglu & Gokceolglu (2002) establecen dentro de esta categoría el control estructural de discontinuidades y de acuerdo a esto realizan un estudio para evaluar la probabilidad de falla de una ladera. En este trabajo, realizado en Ankara, Turquía, elabora computacionalmente un análisis estadístico de un amplio set de estructuras, enfocado al análisis cinemático y a la preparación de mapas de amenaza. Este estudio establece que el control de discontinuidades, sumado a una topografía abrupta, son factores que hacen las laderas altamente susceptibles a falla. La evaluación del riesgo geológico ante eventos de remociones en masa ha sido abordado por Kong (2002), quien presenta un método evaluativo aplicado en la ciudad de Hong Kong. Este método se basa principalmente en la estimación de la probabilidad de

ocurrencia de muerte producto de remociones del tipo derrumbes o deslizamientos. Esto seguido de un análisis de costo v/s beneficio para las medidas de mitigación y prevención.

Pathak & Nilsen (2004) realizan un análisis probabilístico de estabilidad de laderas rocosas en los Himalayas. Se presenta la problemática de realizar este tipo de análisis en rocas donde se dificulta la obtención de los parámetros como la presión de poros, el ángulo de fricción y la aceleración sísmica. Pathak asume una distribución probabilística para estos parámetros dados por Nilsen (2000) y Hoek (1998).

Luzi et al. (2000) centran su estudio en el análisis determinístico de peligro geológico, basándose en el cálculo de factores de seguridad para la estabilidad de laderas. Presentan un método basado en cálculos locales de los factores de seguridad, generando mapas locales mediante la utilización de SIG, para finalmente realizar un “promedio” de estos mapas para la zona de interés.

Por su parte, Haneberg (2000) se centra en el análisis cuantitativo de peligros geológicos, tanto probabilísticos como determinísticos. Para el primer caso, presenta modelos racionales para casos de parámetros que pueden ser explicados físicamente, con variables que corresponden a las propiedades de los materiales involucrados y modelos probabilísticos empíricos para casos de variables desconocidas, como son los fenómenos naturales como la recurrencia de inundaciones, tormentas o terremotos.

Uno de los mayores problemas presentados es la elección de la distribución probabilística para la variable en estudio. En tanto, dentro de los modelos determinísticos también se encuentran los modelos racionales, para casos de parámetros conocidos, por ejemplo para el análisis pseudo-

estático de estabilidad de laderas infinitas; y los modelos empíricos, donde se utilizan relaciones entre las variables estudiadas.

Para la determinación de los factores gatillantes, González-Díez et al. (1999) realizaron un estudio estadístico de diversos depósitos de deslizamientos generados durante los últimos 120.000 años en la Cordillera Cantábrica al norte de España. Se seleccionaron una serie de depósitos y se ordenaron cronológicamente de acuerdo a sus características geológicas y geomorfológicas. En conjunto con dataciones de las zonas de deposición, fue posible establecer un modelo que relacionara los cambios climáticos en el tiempo con la generación de eventos. Se obtuvo para esto que de ocho grupos de deslizamientos, siete se habrían generado en climas donde la lluvia era el factor más importante, en tanto un sólo grupo se generaría por efecto de sismicidad. Se destaca así mismo que en los últimos años la generación de eventos habría aumentado, fundamentado en el aumento de intervención antrópica.

Por otro lado, Yoshida et al. (1991) realizó estudios que permitieron aseverar que uno de los agentes gatillantes más importantes de deslizamientos corresponde a las lluvias. Para esto realizó análisis de estabilidad de laderas, donde se centró en el estudio de suelos residuales confirmando que tanto las lluvias antecedentes como las máximas son factores que predominan en la generación de eventos de este tipo. Para la zona oriente de Toledo, Padilla (2006) plantea una metodología estadística multivariable que intenta determinar la probabilidad de ocurrencia de un evento de remoción en masa frente a un escenario determinado de factores meteorológicos desencadenantes. El análisis estadístico multivariable se realiza mediante la construcción de modelos de Regresión Logística, los que permiten plantear expresiones matemáticas que establecen una probabilidad de ocurrencia de las remociones en masa en función de los factores desencadenantes considerados. Los factores meteorológicos desencadenantes de remociones en

masa que se consideraron en el estudio fueron las precipitaciones diarias o del día del evento, las precipitaciones antecedentes o acumuladas antes del evento en 5, 10, 15, 20, 25 y 30 días. Cabe mencionar que, a partir de la comparación entre los resultados y entre los eventos observados, este trabajo dejó en evidencia que no es posible simplificar de tal forma el estudio de eventos climáticos extremos.

Para el caso de los sismos como factores gatillantes de remociones en masa, Khazai & Sitar (2000) presentan los modelos más usados para el análisis de estabilidad de laderas, implementado en SIG: análisis pseudos-estático de estabilidad de laderas, modelos lineales de amplificación de movimiento y método de Newmark. Dentro de los datos requeridos para implementar estos modelos en SIG se cuentan modelos digitales de superficie y laderas (DEM), parámetros geotécnicos (granulometría, índice de plasticidad) y de resistencia al corte, presión de poros y profundidad de niveles freáticos. El objetivo final de estos modelos es la obtención de mapas de susceptibilidad y peligro geológico, considerando los sismos como gatillantes de los eventos estudiados.

Por su parte, Luzi et al. (2000) realizaron un estudio estadístico, aplicado a escala subregional en Toscana, Italia, para determinar la aceleración sísmica horizontal crítica asociada a la probabilidad de falla de laderas. Los pasos identificados para el análisis se basan en la identificación de los mecanismos de falla y la selección del modelo de análisis de estabilidad, la representación de las condiciones geotécnicas y geométricas del área, el procesamiento de datos y el cálculo de la probabilidad de falla para las laderas con un previo análisis estadístico de Monte- Carlo. Estos últimos enfocados en dar a los parámetros geotécnicos una distribución que simule su variabilidad en función de las condiciones geológicas y geométricas de la zona.

Metodologías mixtas.

Sepúlveda (1998, 2000) elaboró una metodología para la evaluación de peligro de flujos de detritos en ambientes montañosos, aplicada en la Quebrada Lo Cañas en la zona oriente de Toledo. Esta metodología tiene un carácter cualitativo al identificar los principales factores condicionantes para la generación de flujos detríticos, incluyendo una parte cuantitativa al otorgar a cada factor una ponderación que en conjunto permite estimar un grado de susceptibilidad de ocurrencia del fenómeno en zonas cordilleranas, con la lluvia como agente gatillante.

Lee et al. (2002) presentan un análisis de susceptibilidad de remociones en masa mediante modelos probabilísticos bayesianos en la localidad de Janghung, Korea, donde durante el año 1998 se registraron numerosos daños provocados por eventos de remociones en masa generadas por precipitaciones. Los métodos están basados en el cálculo de índices de susceptibilidad (IS) que incluyen los factores condicionantes de topografía, tipo de suelo, presencia de bosques y uso del suelo, considerando la mayor cantidad de combinación de factores. El objetivo se orienta a obtener mapas de susceptibilidad mediante la superposición de factores. Los resultados fueron verificados a través de la observación de zonas afectadas por remociones en masa, obteniéndose que para los casos estudiados la combinación de factores que dio mejores resultados fueron las pendientes, su aspecto, curvatura y tipo de suelo.

Raetzo et al. (2002) presentan una pauta para la evaluación de peligro ante eventos de remoción en masa y manejo del riesgo acompañado de planes de actividades para prevención y mitigación de daños. Presentan tres etapas principales, partiendo por la identificación de peligro mediante la generación de mapas y registro y categorización de los eventos. Un segundo paso orientado a la

evaluación del peligro, con generación de mapas de peligro, cálculo de intensidad del peligro y probabilidades de ocurrencia.

Y un tercer paso destinado al manejo del riesgo y medidas de prevención. Por otro lado, Alleoti et al. (2004) intentan obtener un nivel crítico estadístico de precipitaciones para la generación de deslizamientos superficiales. Se establece la diferencia entre los deslizamientos superficiales generados por lluvias críticas y deslizamientos más profundos generados por precipitaciones acumuladas. Si bien la lluvia resulta ser el factor gatillante, se hace énfasis en que el evento depende de las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno, además de no manifestar una conexión entre precipitaciones y remociones de tipo derrumbe. Este estudio fue realizado en el Nor-Occidente de Italia, obteniendo que la mayoría de los eventos ocurrió cuando se superó la cantidad de lluvia asociada a un periodo de recurrencia de 50 años. Se presenta además un procedimiento de alarma para identificar eventos climáticos potenciales a generar deslizamientos de laderas.

Dentro de estudios más puntuales se encuentra el realizado por Frattini et al. (2004), donde se presenta el modelamiento hidráulico de flujos en suelos piroclásticos (“lahares”). Este estudio toma como parámetros de estudio las características geológicas, geotécnicas e hidráulicas de los suelos, la geomorfología y la hidrogeología de la zona de estudio, la estratigrafía y geometría de laderas, registros de lluvias máximas y acumuladas, entre otros. El modelo realizado buscó predecir correctamente la distribución de laderas inestables, obteniendo éxito para cerca del 60% de los casos estudiados. Este además presenta cuáles son las condiciones que deben darse para la generación de futuros eventos.

Pelletier et al. (2005) realizaron un modelo numérico para la predicción de flujos e inundaciones en abanicos aluviales utilizando Modelos de Elevación Digital (DEM). Los autores presentan una metodología conjunta, aplicada en el centro y sur de Arizona, que incluye el modelo numérico generado, mapeo de geología superficial y geomorfología, y análisis de imágenes satelitales, que permitirán estimar probabilidades de ocurrencia de flujos. La geología superficial y geomorfología cumplen la función de estimar zonas de ocurrencia dada la identificación de depósitos anteriores y el monitoreo de éstos en el tiempo; las imágenes satelitales presentan información similar, pudiendo ser utilizadas en áreas más extensas y en menor cantidad de tiempo; el modelo numérico en tanto proporciona datos observados de inundaciones recientes asociados a la predicción de su comportamiento para descargas específicas.

4.10 Antecedentes teóricos para el análisis de estabilidad de Laderas

El análisis de las zonas probables de generación de remociones en masa depende del tipo de fenómeno que se está estudiando, dado que para cada tipo de evento de remoción en masa tanto los mecanismos de generación como los agentes condicionantes y gatillantes de los eventos no son necesariamente los mismos. En esta sección se presentan aspectos teóricos asociados al análisis de estabilidad, susceptibilidad y amenaza de los distintos tipos de remociones en masa.

Deslizamientos.

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de masas de suelo o roca a través de superficies de cizalle definidas. El análisis de zonas que puedan generar deslizamientos presenta dos fases principales de estudio, un análisis de estabilidad cuantitativo, donde se incluyen la determinación de la resistencia de los materiales, el análisis mediante equilibrio límite, el

análisis pseudoestático, etc., y el análisis estructural de los macizos rocosos (para el caso de los deslizamientos en roca), que se basa en la inestabilidad generada por las intersecciones entre estructuras y entreladera y estructuras.

- **Resistencia de los materiales.**

La obtención de los parámetros de resistencia que caracterizan a un suelo o a una roca es diferente para ambos casos, así mismo los modelos en los que se basan. El criterio que rige el modelo de un suelo corresponde al de Mohr-Coulomb, definido como:

$$\tau = c + \sigma_N \cdot \tan(\phi) \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

τ = resistencia al cizalle en la falla

c = cohesión

σ_N = esfuerzo normal a la superficie de ruptura

(ϕ) = ángulo de fricción interna

El criterio de Mohr-Coulomb es un criterio lineal que es ampliamente usado para definir las condiciones de falla en un suelo, asumiendo el comportamiento lineal que éstos generalmente presentan.

En tanto los macizos rocosos, que no presentan un comportamiento lineal, se modelan usualmente por el criterio de falla de Hoek y Brown, un criterio empírico no lineal que busca determinar la resistencia máxima al cizalle del macizo rocoso, y se define mediante la relación:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \cdot \left(m \cdot \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (\text{Ecc. 3.2})$$

Donde σ'_1 y σ'_3 son los esfuerzos principales efectivos mayor y menor respectivamente, σ_{ci} es la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, m es la constante de Hoek-Brown para la roca, a y s son constantes del material, con $s = 1$ y $a = 0,5$ para roca intacta.

- ***Análisis Estructural de macizos rocosos.***

Esta etapa comprende el análisis de estabilidad del macizo rocoso tomando como base los datos estructurales obtenidos durante la fase de terreno. Para esto se debe realizar un análisis geométrico de las estructuras mediante el estudio de sus proyecciones estereográficas. Este es el primer paso del análisis de estabilidad de una ladera en roca controladas por discontinuidades, para ser seguido por la determinación de factores de seguridad ante deslizamientos asociados a ella.

El análisis geométrico se lleva a cabo, generalmente, utilizando el hemisferio inferior de la proyección estereográfica para una determinada ladera y las fuerzas actuantes sobre ella. Es usual representar al mismo tiempo el ángulo de fricción interna de manera de analizar la estabilidad de la ladera dada por la resistencia por fricción. Al respecto, este tipo de proyecciones representan los planos mediante líneas (o curvas) y rectas mediante puntos que reflejan la intersección entre estos objetos y el plano de proyección utilizado, en tanto se consideran sólo relaciones angulares entre estos planos y rectas, es decir, no posiciona el objeto en el espacio ni da una referencia de su tamaño.

Para este análisis se suele trabajar con los polos de los planos, es decir, con la proyección estereográfica de la recta normal al plano, de manera de facilitar la definición de sets estructurales (orientaciones preferenciales de estructuras y planos). Casos particulares corresponden a planos horizontales que proyectados se representan como la circunferencia externa

mayor del hemisferio, planos verticales que dependiendo de su orientación (E-W o N-S) se trazan como rectas coincidentes con los ejes mayores de la semiesfera, o rectas verticales, que se representan por un punto en el centro del círculo.

El análisis cinemático de laderas, se basa exclusivamente en las condiciones geométricas de la ladera y de las discontinuidades que representan planos potenciales de deslizamientos (plano, en cuña, toppling), sin considerar la influencia de fuerzas sísmicas en la inestabilidad. El análisis cinemático permite identificar aquellas zonas que dadas sus características podrían generar deslizamientos, siendo necesario un posterior análisis de equilibrio de fuerzas para determinar dicha condición de inestabilidad.

Es necesario hacer mención que las fallas circulares en roca se presentan de manera similar a las fallas rotacionales en el caso de los suelos, sin embargo, en roca se desarrollan arcos de círculo de radio mucho mayor. Este tipo de fallas, así como ocurre en suelos, no manifiestan un modo de falla posible de analizar cinemáticamente.

- ***Análisis de estabilidad mediante equilibrio límite.***

El análisis de equilibrio límite se basa exclusivamente en la descomposición de fuerzas o momentos actuantes sobre la ladera en estudio y que condicionan su estabilidad. Este tipo de análisis se realiza tanto en suelos como en roca para evaluar la estabilidad de la ladera ante deslizamientos. El método considera los efectos de la presión de poros, la resistencia al cizalle a lo largo la superficie de falla y la influencia de fuerzas o momentos externos.

La estabilidad de la ladera está dada por su Factor de Seguridad ante el deslizamiento:

$$f_s = \frac{\text{Fuerzas o momentos que resisten}}{\text{Fuerzas o momentos solicitadas}} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Un factor de seguridad menor a 1 indicará que la ladera es inestable ante las condiciones definidas, en tanto un factor mayor que 1 indicará la estabilidad de la ladera. $FS = 1$ presenta la condición de equilibrio límite. La figura 3 representa la condición estática más simple para una ladera.

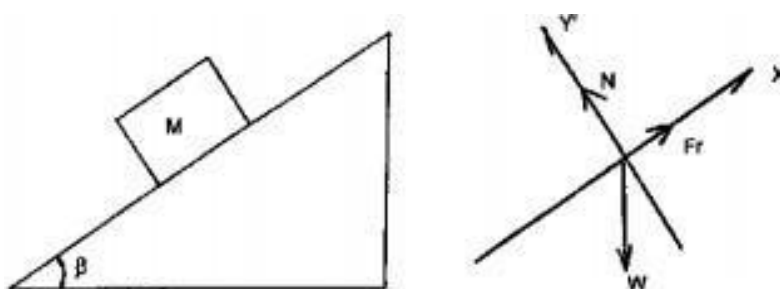


Figura 3. Condición estática en ladera.

N: esfuerzo normal sobre plano de cizalle. W: peso del bloque.

Fr. Fuerza de roce en el plano de deslizamiento

De esta manera, para la configuración presentada, las fuerzas que se presentan son el peso de la masa de suelo y la fuerza de roce opuesta al deslizamiento, pudiendo además existir fuerzas de soporte. El caso dinámico agrega una componente sísmica al esquema, desglosada en una componente sísmica vertical y horizontal, lo cual incluye en el problema la presencia de una fuerza de inercia de la masa deslizante. El caso sísmico puede ser analizado por diversos métodos, como se presentará más adelante, dependiendo exclusivamente de las condiciones sísmicas y geométricas que se presentan.

Los casos particulares de deslizamientos, como es el deslizamiento plano y en cuña, presentan una configuración característica en lo que se refiere a la descomposición de fuerzas actuantes sobre la ladera afectada por el movimiento.

En el análisis de un deslizamiento plano pueden considerarse fuerzas externas actuantes sobre la superficie deslizante tales como elementos reforzantes (cables opernos) o bien la presencia de grietas de tensión en la ladera. La figura 4 representa la condición geométrica para el caso:

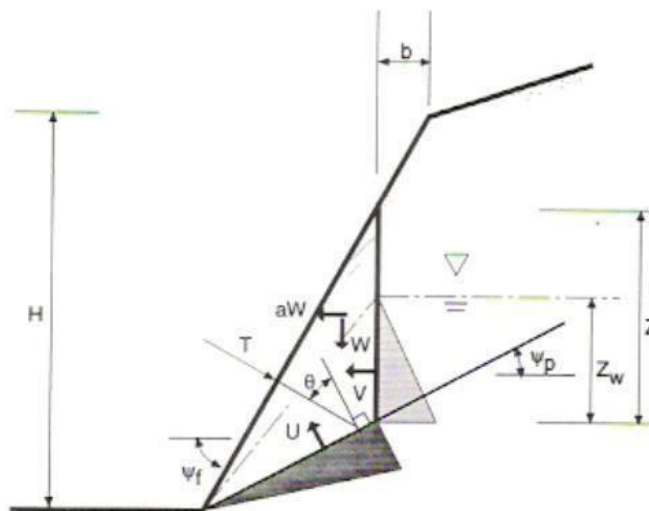


Figura 4. Condición geométrica para ladera con grieta de tensión superficial.

En estas condiciones, el factor de seguridad al deslizamiento está dado por (Hoek,1998):

$$FS = \frac{\{c \cdot A + [W \cdot (\cos \psi_p - a \cdot \text{sen} \psi_p) - U - V \cdot \text{sen} \psi_p + T \cdot \cos \theta] \cdot \tan \phi\}}{[W \cdot (\text{sen} \psi_p + a \cdot \cos \psi_p) + V \cdot \cos \psi_p - T \cdot \text{sen} \theta]} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

c = cohesión del material que desliza

A = área de la superficie de falla

W = peso del bloque deslizante

Ψ_p = ángulo de inclinación de la superficie de falla

U = presión del agua en la superficie de falla

V = presión del agua en la grieta de tensión

T = tensión producida por fuerzas externas

ϕ = ángulo de fricción de la superficie deslizante

θ = inclinación de la fuerza externa

Esta situación se ve simplificada en caso que no existan fuerzas externas actuando sobre la superficie de falla ni grietas de tensión. Si a esto se suma la presencia del suelo no cohesivo, y sin saturación, el factor de seguridad dependerá solamente de la inclinación del plano de falla y del ángulo de fricción del material:

$$FS = \left[\frac{\tan \phi}{\tan \psi_p} \right] \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Para el análisis estático de una ladera se han desarrollado una serie de métodos de equilibrio límite que se diferencian entre sí por las condiciones necesarias que cada uno de ellos impone para poder ser utilizados. Dentro de este ámbito, a continuación se exponen los métodos de ladera infinita (Haefeli, 1948) y de 'slices' (o 'tajadas'). El modelo de ladera infinita, aplicable tanto en roca como en suelo y utilizado principalmente en deslizamientos superficiales traslacionales, asume que la superficie de falla es planar, paralela a la superficie del talud e infinita en extensión. La configuración de esfuerzos sobre la masa deslizante entrega un factor de seguridad dado por:

$$FS = \left[\frac{c}{(\gamma \cdot d \cdot \text{sen } \alpha)} \right] + \left[\frac{\tan \Phi}{\tan \alpha} \right] - \left[\frac{(m \cdot \gamma_w \cdot \tan \Phi)}{(\gamma \cdot \tan \alpha)} \right] \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde:

c = cohesión del material que desliza

γ = peso unitario del material deslizante

Φ = ángulo de fricción del material deslizante

α = ángulo de inclinación de la ladera

γ_w = peso unitario del agua

d = espesor real de la masa que desliza

m = espesor saturado de la masa que desliza

En caso que el material no presente cohesión y no esté saturado, el factor de seguridad está dado por la relación existente entre el ángulo de fricción del material y el ángulo de inclinación de la ladera.

Otro método comúnmente usado es el método de “slices” (o método de las “tajadas”), que está enfocado principalmente en el análisis de deslizamientos rotacionales (generados principalmente en suelos con cohesión y roca intensamente meteorizada), casos en que se generan superficies curvas de deslizamiento. Los métodos más usados dentro de esta categoría son: Janbu (1973) y Bishop (1955), todos basados en la subdivisión del suelo en una serie de tajadas, cada una de las cuales presenta su propia descomposición de fuerzas y/o momentos

Flujos.

Un flujo de detritos es un proceso de remoción en masa de material saturado en agua, y con una concentración de sólidos tal que se comporta mecánicamente como un fluido no newtoniano. Esta definición incluye a los llamados flujos hiperconcentrados, en que las concentraciones de sólidos son menores a un 50% en volumen (Sepulveda, 1998). A continuación se presentan aspectos teóricos asociados al origen, avance y deposición de flujos.

- **Origen.**

Los flujos se originan donde existe una cantidad de material detrítico suficientemente abundante que pueda ser movilizado mediante la adición de agua. La movilización de esta masa de suelo requiere inicialmente de la pérdida de la resistencia del material y aumento de los esfuerzos de corte actuantes sobre ésta, mientras que la condición de flujo está dada por la reducción de la viscosidad.

Takahashi (1981) se basa en el modelo de ladera infinita (Figura 5) para la generación de flujos a partir de deslizamientos, en que un flujo se origina como una masa de detritos inicialmente saturada de agua, presentando cohesión nula, siguiendo básicamente el modelo propuesto por Coulomb y la distribución de velocidades dada por Bagnolds (1954). El modelo establece que el material podrá generar un flujo al saturarse (sin llegar a licuarse), perdiendo su cohesión y fallando según el modelo de Coulomb, con la salvedad que debe existir un flujo subterráneo de agua paralelo a la ladera, lo cual puede ocurrir para un determinado ángulo de pendiente y un suelo con ϕ y densidad seca particulares.

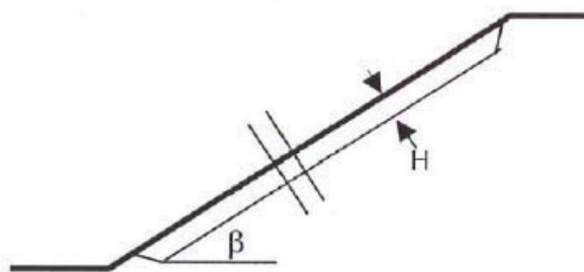


Figura 5. Modelo de ladera infinita.

Esto sigue las mismas líneas que el modelo de Coulomb, donde $\tau = c + \sigma_n \tan \phi$, y plantea que una ladera infinita con un contenido de agua dado deberá exceder un espesor crítico H para

ser movilizado como flujo, logrando solamente de esta manera que el esfuerzo de corte en la base del material exceda la resistencia (denominada “resistencia de Bingham”) del suelo (Iverson, 1997).

Según numerosas observaciones, los flujos se originan a pocas profundidades, siendo que a mayor profundidad las tasas de corte aumentan. Esto ha llevado a establecer una restricción en los ángulos de falla de los taludes, siendo éste menor a $\phi/2$ (Lambe & Whitman, 1972). El ángulo crítico ϕ sería cercano a 25° para la mayoría de los suelos (Iverson, 1997).

Por otro lado, otras hipótesis para la generación de flujos se basan en los principios de la mecánica de suelos, las cuales asumen que la mayoría de los flujos se movilizan como resultado de la licuefacción producida por el aumento de presión de poros por sobre el nivel hidrostático, más que por el aumento de las tasas de esfuerzos de corte ejercido sobre la masa. De esta manera, los flujos consistirían de dos fases mezcladas (sólido-fluido), en que los esfuerzos sobre cada fase no necesitan estar balanceadas (Iverson, 1997).

- ***Mecánica del flujo.***

El flujo no podrá avanzar si el ángulo de fricción interna del material (ϕ) es mayor o igual al de la pendiente donde se encuentra el material depositado (β), es decir si $\phi \geq \beta$ (Selby, 1993). Una de las hipótesis para la movilización del suelo deriva del modelo de Bingham, que asume que el suelo presenta una propiedad intrínseca que corresponde a la resistencia sobre el esfuerzo de cizalle actuante sobre la masa, y que el suelo podrá fluir sólo si el corte sobrepasa esta resistencia.

Para evaluar la resistencia del flujo, a los términos de cohesión y ángulo de fricción, puede agregarse un término referente a la viscosidad del suelo (Selby, 1993) de esta manera, según el modelo de Coulomb, se tendrá que:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi + \eta_c (du/dy) \quad (\text{Ec. 3.11})$$

o bien según el modelo de Bingham:

$$\tau = s + \eta_B (du/dy) \quad (\text{Ec. 3.12})$$

Donde η_c y η_B corresponden a la viscosidad del suelo (η_B denominada viscosidad de Bingham), s es la resistencia al esfuerzo de corte de Bingham (o esfuerzo de fluencia) y du/dy el gradiente de velocidades dentro del flujo.

- ***Transporte y erosión.***

Los flujos pueden llegar a transportar bloques de 10 metros o más de diámetro, sin embargo aquellos que transportan material sólido de menores tamaños presentan las mismas cualidades que los primeros (Iverson, 1997) avanzando a grandes velocidades. La ecuación que define la velocidad del flujo es la siguiente (Van Dine, 1996):

$$v = \frac{\gamma_D \sin \beta h^2}{l\nu} \quad (\text{Ec. 3.15})$$

Donde:

v es la velocidad del flujo

β es la pendiente del canal

h es la profundidad del flujo

γ_D es el peso unitario total de la masa detrítica [kN/m^3]

ν es la viscosidad de la masa [kPa/s]

l es una constante basada en la morfología del canal ($=3$ para canales anchos; $=8$ para canales semi-circulares)

Los flujos avanzan como una ola o una serie de oleadas ladera abajo, cada una con una morfología formada por tres partes principales: cabeza, cuerpo y cola; siendo su avance irregular entre un flujo y otro. Para que exista este transporte las pendientes de los canales no pueden ser inferiores a unos 15° (Van Dine, 1996) de lo contrario el ángulo de roce de las partículas será lo suficientemente alto como para resistir la movilización del material.

Las cabezas de las oleadas entre un flujo y otro tienen características bastante comunes, entre ellas que la presión de fluidos en la base de la cabeza es casi nula, en tanto en el cuerpo generalmente se acerca o incluso sobrepasa la necesaria para balancear el esfuerzo normal total para generar la licuación de la masa (Terzaghi, 1950). A esto se suma que la mayor concentración de sedimentos de mayor tamaño y objetos mayores son transportados en la cabeza del flujo.

En otro ámbito se encuentra la erosión generada por un flujo en la base de éste durante su avance. La erosión del canal, que puede ser bastante rápida, es una de las maneras más importantes en que un flujo incorpora material sólido a la masa fluidizada. El stress de corte ejercido por un flujo sobre su base está dado por la siguiente relación (Selby, 1993):

$$\tau = \rho_f g R \sin \beta \quad (\text{Ec. 3.16})$$

Donde,

ρ_f es la densidad del fluido

R es el radio hidráulico

β es la pendiente del canal

El radio hidráulico, R , se define por su parte como (figura 6):

$$R = \frac{A}{P} \quad (\text{Iverson et al., 1998}) \quad (\text{Ec. 3.17})$$

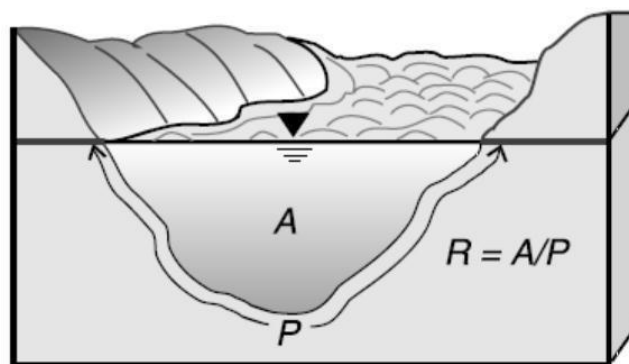


Figura 6. Definición del radio hidráulico en una sección de un río o canal.

A es la ‘sección mojada’, es decir, la superficie, en un corte, que cubre el lecho del río, el fondo, los márgenes y la línea externa de éstos.

P es el ‘perímetro mojado’. Es decir, la línea de contacto, del mismo perfil anterior, entre el agua y el lecho y se extiende hasta donde llega la corriente en las orillas.

El valor del radio hidráulico puede asumirse como igual a la profundidad del flujo en canales anchos (Selby, 1993).

- **Deposición y alcance.**

Existen cuatro causas de la detención del flujo y su consecuente deposición (Van Dine, 1996):

- La disminución del gradiente hidráulico
- Que alcance un espesor crítico (T_c)
- Que exista pérdida del confinamiento
- Impedimentos para el avance del flujo

Los cambios bruscos de las pendientes de los canales por donde se moviliza el flujo sería una de las principales causas de la pérdida de energía del flujo. Cuando las pendientes de los canales por donde se moviliza el flujo bajan de los 15° (Van Dine, 1996) el material comienza a perder energía y consecuentemente a depositarse parcial o totalmente, dependiendo de estos ángulos. Lambe & Whitman (1972) sugieren que la deposición comienza cuando las pendientes en canales confinados se encuentran entre los 8° y 12° , y entre los 10° y 14° cuando no lo están, dejando expuesto que en algunos casos, para canales no confinados, podrían originarse depósitos con morfologías de abanicos en pendientes de hasta 16° a 20° .

Para el caso de canales angostos, la deposición ocurriría si el material alcanza un espesor crítico T_C (Van Dine, 1996), definido como:

$$T_c = \frac{c}{\gamma_D \cos \beta (\tan \beta - \tan \phi)} \quad (\text{Ec. 3.18})$$

Donde:

c es la cohesión de los detritos

γ_D es el peso unitario total de la masa detrítica

β es la pendiente del canal

ϕ es el ángulo de roce interno de las partículas

Por otro lado, si no existen cambios de pendiente del canal, la deposición puede originarse debido a un ensanchamiento del canal (no confinado), dado por la siguiente relación (Mizuyama & Terlien, 2000):

$$B_d = kQ^{1/2} \quad (\text{Ec. 3.19})$$

Donde:

B_d es el ancho del depósito en el canal

Q es la descarga

k es una variable adimensional que toma valores entre 3,5 y 7

Hungr (2001) manifiesta que la pérdida de confinamiento del flujo es mucho más relevante para su deposición que la disminución del gradiente del canal cuando está pendiente es menor a 18° .

Por último, pueden existir impedimentos que el flujo encuentre en su camino y que signifiquen la deposición de éste. Estos impedimentos pueden ser artificiales o naturales, tales como presas que en algunos casos pueden haber sido construidas con intenciones específicas de frenar el avance de los flujos, deforestación, etc.

- ***Formas de depositación.***

Los depósitos generados por los flujos varían según sus características, y según la zona de deposición (dentro del cauce o en un abanico aluvial). Los depósitos que se pueden encontrar son lóbulos o capas de detritos depositados en el abanico aluvial, plugs (cuerpos de masa detrítica) en

los bordes del canal o en el centro de éste, o depósitos de tipo levées en los bordes del canal (Van Dine, 1996) (figura 7). Los detritos depositados como capas usualmente abarcan porciones areales del abanico aluvial, caracterizándose por presentar ramificaciones hacia las zonas de menor pendiente. Hungr et al. (1987) establecen que a partir de eventos de flujos de 10.000 y 50.000 m³ en British Columbia, los espesores de estos depósitos alcanzan valores medios entre 1 y 1,5 m.

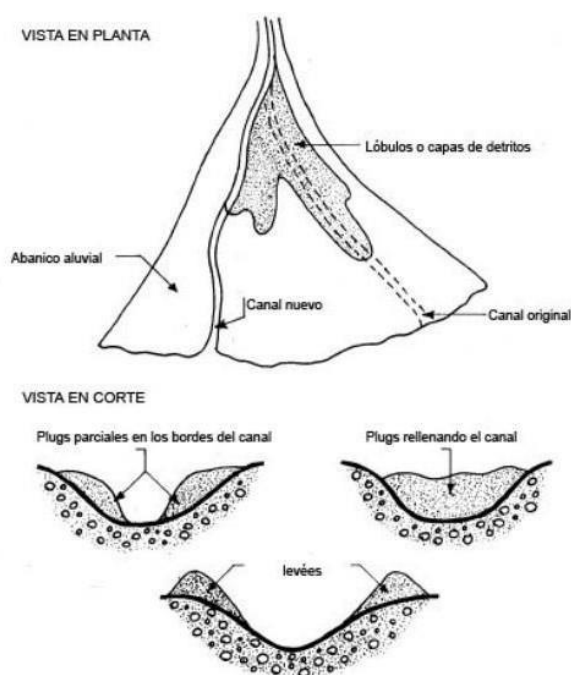


Figura 7. Tipos de depósitos generados por flujos. Modificado de Van Dine (1996).

El frente del flujo deja un depósito de morfología lobulada con cierta imbricación, que se produce por la traslación del material que viene inmediatamente detrás, que genera pequeños planos de cizalle oblicuos (Colombo, 1989). Si no hay morfologías preexistentes que controlen su deposición, ante el cese del encajamiento el flujo tiende a depositarse con una morfología de abanico, si la concentración de sólidos supera el 40%, siendo el sedimento de mayor tamaño transportado a los bordes, mientras el material más fino se deposita en la parte superior (Terzaghi, 1950).

Los depósitos de tipo plug usualmente rellenan los canales total o parcialmente y su deposición da como resultado cambios bruscos en la dirección del flujo. Un elemento común es la formación de albardones o levées en los márgenes del canal, depósitos angostos, ubicados a lo largo del canal, alcanzando en algunos casos grandes alturas y decenas de metros de largo (Van Dine, 1996). Estos se forman tanto a lo largo del recorrido del flujo como en la zona de detención de éste (Naranjo & Varela, 1996). Los flujos más viscosos y de gran volumen tienden a dejar grandes levées, mientras que flujos con una concentración de sólidos más bien baja sólo dejan una fina lámina de lodo en el cauce y levées diminutos como evidencia de supaso (Selby, 1993)

Los diámetros máximos de las partículas de los depósitos aparecen pasada la mitad de la distancia entre el ápice y el fin del depósito. El frente del flujo se detiene en este sitio, y parte del flujo que viene detrás se deposita corriente arriba y otra parte sobrepasa el frente ya detenido depositando material más abajo (Takahashi, Mechanical characteristic of debris flow, 1978). Dado que la cola es más fluida, al pasar sobre los materiales depositados del frente y el cuerpo, se produce un lavado y remoción del material fino, dejando una capa superior de material grueso con escasa matriz (Sepulveda, 1998).

La textura de los depósitos es típicamente clastos más bien angulosos de tamaños variados, caóticos, en una matriz de grano fino, predominantemente arcillosa, o con escasos indicios de estratificación interna (Colombo, 1989) y (Selby, 1993). Pulsos más fluidos de frentes más viscosos pueden generar lentes de limos gravosos o arenas, mejor seleccionados y levemente estratificados (Selby, 1993).

Caídas de roca.

Las caídas son movimientos abruptos de bloques independientes de roca, siendo sus causas principales la presencia de discontinuidades en el macizo rocoso. El material desprendido podrá alcanzar el pie del talud mediante caída libre, rodando y rebotando, lo que dependerá principalmente de la forma del bloque y del ángulo de pendiente del talud (figura 8). Durante la caída, los materiales podrán adquirir una alta energía cinética, permitiéndoles abarcar una amplia área a los pies de la ladera, lo cual se acrecentaría si se suma una cantidad importante de material aportado.

El comportamiento de la mayoría de las caídas de roca puede ser bien explicado mediante principios físicos básicos que incluyen el rebote y el rodamiento de masas rocosas, siendo el ángulo de la ladera y el ángulo de fricción los factores principales que gobiernan el incremento o decremento de los movimientos durante la trayectoria de la partícula (Hoek, 1998). Bajo estas condiciones, se requiere una evaluación de la geometría de la ladera y de las características específicas de las caídas de roca.

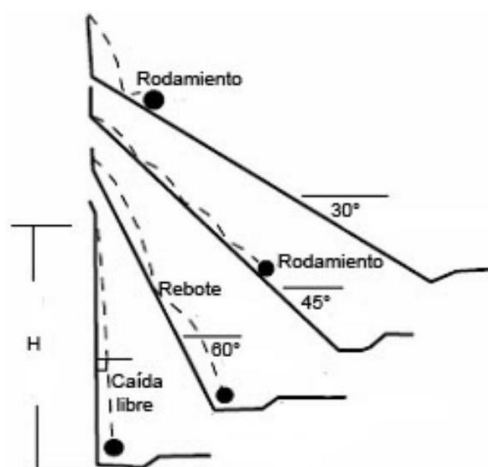


Figura 8. Formas de movimiento para caídas de rocas. Modificado de Hoek, 2000.

- **Generación.**

Las caídas de roca se originan dado algún evento que produzca cambios en los esfuerzos actuantes sobre la roca (infiltración de agua en grietas producto de precipitaciones, procesos de hielo-deshielos en climas fríos, meteorización de la roca, sismos, entre otros). La geometría de la ladera es la responsable de la generación de los eventos, los cuales ocurrirán principalmente en laderas altas, dependientes pronunciadas y donde el macizo esté fracturado de manera de generar los bloques susceptibles a las caídas.

La Tabla 1 presenta algunas de las propiedades cualitativas que controlan la generación de caídas de roca en una ladera y su relación con la frecuencia de los eventos.

Tabla 1.

Control de la ladera en caídas de rocas. Modificada de Pierson et al., 1990.

Categoría	Frecuencia de caídas			
	Pocas	Ocasionales	Muchas	Constantes
Altura deladera [m]	~ 7,5	~15	~22,5	~30
Condición estructural	Discontinuidades. Orientación contraria a la ladera	Discontinuidades. Orientación al azar	Discontinuidades, orientación favorable	Estructuras continuas, Orientación favorable
Condición superficialadera	rugosa, irregular	ondulada	Planar	Suave o con rellenos de arcilla
Características erosivas	Pocas, mal distribuidas en la superficie de ladera	Ocasionales, mejor distribuidas en ladera	Muchas, bien distribuidas en ladera	Demasiadas, bien distribuidas en ladera
Diferencias en tasas deerosión	Baja	Moderada	Alta	Extrema
Clima y presencia de agua en ladera	Pocas a moderadas precipitaciones; sin periodos dehielo, o nula presencia de agua en ladera	Precipitaciones moderadas o periodos de hielo cortos, o presencia de agua intermitente en ladera	Gran cantidad de precipitaciones o periodos extensos de hielo, o agua continua en ladera	Gran cantidad de precipitaciones y periodos extensosde hielo, o presencia de aguacontienen ladera y periodos extensos hielo

4.11 Clasificaciones de unidades geomorfológicas y evaluación de susceptibilidad a remociones en masa

En esta parte del proyecto se desarrollará la clasificación de las diferentes unidades geomorfológicas que serán la clave para el desarrollo de los futuros mapas, dicha clasificación se llevará a cabo con la evaluación de la susceptibilidad a remociones en masa.

El resultado de esta clasificación será un mapa de susceptibilidad para cada uno de los tipos de remociones en masa estudiadas, con un Índice de Susceptibilidad (IS) comparable que varía entre 0% y 100%. Dichos mapas se trabajan en escala 1:100.000, puesto que son los únicos datos disponibles, confiables y completos.

Definición de unidades geomorfológicas.

Para hacer una correcta clasificación en los diferentes tipos de movimientos en masas es necesario dividir la zona de estudio en diferentes unidades según los rasgos geomorfológicos y geológicos similares como son la orientación de la ladera (aspecto), la pendiente, litología y tipos de depósitos. Bajo este punto, quiebres de pendiente muy fuerte, cambios bruscos en el aspecto litológico y de paisaje son factores para definir una nueva unidad; de esta manera cada una de ellas quedará definida por un aspecto y pendiente promedio.

Si bien la cantidad de unidades a definir dependen del tamaño del área de estudio, no se recomienda definir más de unas 50 unidades, de manera que la continuación del estudio sea práctico y eficiente.

La clasificación de las unidades geomorfológicas se hizo a través del programa ArcGIS 10.5 en donde por medio de los datos geológicos obtenidos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

en formato shapefile se realizaron una serie de algoritmos logrando como resultado un mapa dividido en 41 unidades geomorfológicas. Estas unidades geomorfológicas fueron clasificadas de acuerdo a sus características geológicas y ángulo de pendiente.

5. Generalidades y Análisis de riesgo de remoción para el municipio de Toledo - Norte de Santander

Generalidades para el municipio de Toledo.

En esta parte se hará un análisis de las diferentes generalidades para el municipio de Toledo, Norte de Santander y que pueden ser efectos contundentes para generar cualquier tipo de remoción de masa para dicho municipio.

Geomorfología.

La zona de estudio se encuentra en plena cordillera Oriental por lo que el paisaje geomorfológico que más prima es la montaña, perteneciente al ambiente estructural erosional con pendientes de alta inclinación.

El municipio de Toledo tiene una superficie de 147475.36 ha y está limitado el lado este por Venezuela, al sur por el departamento de Boyacá y Arauca, al lado oeste por la ciudad de Pamplona y al Norte por el municipio de Chinácota.

Adicionalmente cuenta con valles aluviales y coluviales producto de la desembocadura del río Cubugón.

A continuación se presenta una tabla con el resumen geomorfológico para la zona:

Tabla 2.*Geomorfología de la zona y el área que ocupa.*

Convención	Descripción	Área (Ha)	%
CH	Crestones homoclinales con pendientes entre 30 y 70%.	18.690,47	11,84
LO	Lomas: Geoformas subredondeadas con pendientes entre 12 y 30%	36.476,19	23,11
GL	Depósitos de acumulación de origen coluvial o aluvial con pendientes entre el 0 y 12%	11.845,23	7,50
FV	Filos y vigas: Geoformas delgadas (angostas) de la parte de la montaña con pendientes entre 30 y 70%	8.440,47	5,34
CR	Crestas Homoclinales con pendientes >70%	81.458,59	51,66
VI	Valles Intermontano: Superficies morfológicas planas de alta montaña con pendientes del 5 a 12%	416, 00	0,26
VA	Valles: Zonas de acumulación aluvial en la confluencia de ríos principales, topografía plana con pendientes entre el 0 y 5%	464,00	0,29

Tabla 3.*Las diferentes veredas con presencias geomorfológicas.*

Zona Administrativa 1		
División	Vereda	Paisaje Geomorfológico
Corregimiento Menor La Loma	Santa Isabel	CR, CH
	El retiro	CH, CR, LO
	Ima	CH, LO, FV
	La Loma	FV, LO, CH
	Juan Pérez	CH, LO
	El Azul	LO, CH, CR, FV
	La Cordillera	FV, CH
Corregimiento Menor Auxiliar Roman	Hato grande	CH, LO
	El Jordan	CH, LO
	Campo Alegre	FV, CH, LO
	Roman	FV, LO
	Sabanalarga	FV, LO, CH
	Belchite	CH, CR, LO, FV, V
	Samaria	VI, LO, CH, FV, CR
	El Palmar	FV, LO, CR
	Palmar Bajo	LO, CR, CH, FV
	La Capilla	FV, LO
Corregimiento Menor Auxiliar La Unión	Quebrada Grande	CR, FV
	Tapata	CR, FV, LO
	San José del Pedregal	FV, L,O, CR, GL
	La Unión	CR, FV, GL, LO

	Tierra Amarilla	FV, LO
	El cedral	CR, FV, GL, LO
	Santa Ana	CR, FV, LO
	El Naranjo	CR, LO, FV
Otras Veredas	Toledito	LO, CR, CH, GL
	San Isidro	CR, CH, LO, GL
	Buenavista Centro	LO, CH, GL
	Hatos Alto	FV, LO
	La Camacha	LO, CR, FV, CH
	La Compañía	CR, LO, CH
	San javier	LO, CH, CR, GL
Zona Administrativa 2		
División	Vereda	Paisaje Geomorfológico
Corregimiento especial San Bernardo	Santa Ines	FV, CH, LO, CR
	Río Colorado	CH, CR, LO
	Alto del Oro	CH, FV, LO, CR
	Urapal	CH, CR
	Buenavista	CH, CR
	La Reserva	CH, CR
	San Carlos	CH, LO
	Valegrá	LO, CH, CR
	Providencia el limoncito	LO, CH
	Támara	LO, CH, CR
	Santa Rita	CH, LO, FV, CR
	San Ignacio	CH, LO, CR
	Corralitos	CR, CH, LO
	Venagá	CR, LO, CH
La Carbonera	LO, CH, CR	
Corregimiento Menor San Alberto	Santa Catalina	CH, LO, CR, FV
	San Alberto	CH, LO, CR
	Belen	CR, CH, FV
Corregimiento Menor Ceibal	La Aurora	CR, CH, FV
	Ceibal	CR, CH, FV, LO
	Vegón	LO, CH
	Santa Barbara	LO, CH
Zona administrativa 3		
División	Vereda	Paisaje Geomorfológico
Corregimiento Especial Samoré	San Antonio	LO, CR
	Junín	CR
	Diamante	LO, CR

	Alto de Herrera	LO, CR
	Santa Maria	LO, CR
	El Limoncito	LO, CR
	La Tamarana	LO, CR, GL
	Cortinas	LO, CR
	El Paraiso	CR
	Uncacias	CR, LO, GL
	La China	GL, LO, CR
	Troya	GL, CR, LO
	Segovia	CR
Corregimiento Menor La Mesa	Sararito	CR, CH
	Miralindo	CR
	El Encanto	CR, LO
	La Mesa	CR, LO
	Rio Negro	CR, LO
	Santa Ana Sarare	CR, LO
	Murillo	CR
Zona Administrativa 4		
División	Vereda	Paisaje Geomorfológico
Corregimiento Especial Gibraltar	La Pista	VA, GL
	La Bongota	GL, GA, LO
	Mundo nuevo	LO, GL, VA,
	Cedeño	LO, VA
	Cubugón	LO
	Santa Marta	CR, LO
	Alto Horizonte	CR, LO
	California	CR, LO
	Segovia	LO, VA
	Uncacias	LO, VA
	La Barroza	CR, LO
	Agua Blanca	CR, LO
Solon Wilches	LO, VA	
Corregimiento Menor El Margua	El Margua	CR, LO, GL, VA
	Porvenir	VA, GL, LO

Geología y Geotecnia.

El municipio de Toledo cuenta con una geología basada principalmente en rocas sedimentarias y metamórficas de grado bajo y medio. Dichas formaciones de roca se dividen en

5 principales formaciones como lo son: Formación de Girón, Formación Caja, Gneis de Bucaramanga, Formación de Rio Negro y Formación Aguardiente.

Estas formaciones a su vez se dividen en unidades cronoestratigráficas de las cuales las más importantes, pero no las únicas, son:

- **J3-Sc:** Esta unidad está compuesta por capas rojas constituidas por arenitas, conglomerados y limolitas, pertenecientes a la edad de Jurásico superior. Dicha unidad pertenece a la formación Girón.
- **Q-al:** Estos depósitos aluviales y llanuras aluviales son pertenecientes a la edad del cuaternario y son de alto riesgo para el flujo de detritos.
- **E1-Sc:** Esta unidad está compuesta principalmente por conglomerados intercalados con arenitas de grano medio a grueso y lodolitas carbonosas, pertenecientes al Paleoceno.
- **e6e9- Sct:** Esta unidad está compuesta principalmente por arenitas de grano fino a conglomeráticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionalmente, lentes de hierro oolítico y carbón, pertenecientes al Bartoniano-Chatiano.
- **b5b6-Sm:** Esta unidad está compuesta por calizas intercaladas con margas y lodolitas calcáreas y arenosas, pertenecientes al Aptiano-Albiano.
- **b6k6-Stm:** Esta unidad está compuesta por shales, calizas, arenitas, cherts y fosforitas pertenecientes a la edad Albiano- Maastrichtiano.
- **MP3NP1-Mag2:** En esta unidad hacen presencia rocas ígneas como Gneises cuarzofeldespáticos, migmatitas, granulitas, anfibolitas, ortogneises, cuarcitas y mármoles, pertenecientes a la edad Estenico-Tónico.

Como se observa son unidades de roca con contenidos medio-alto de arcilla, mineral que ayuda a las remociones en masa por su alto grado de permeabilidad.

Adicionalmente, las estructuras geológicas más sobresalientes para el municipio son dos fallas las cuales son: Falla de Oira y Falla Samaria. Ambas son fallas de cabalgamiento, pero la mayor diferencia es que la Falla de Oira no está activa como la falla Samaria la cual parece ser uno de los principales factores gatillantes de deslizamientos de suelo y caídas de roca.

A continuación se hace un resumen del análisis de los datos obtenidos:

Tabla 4.

Relación entre características geológicas y área total para el municipio.

Convención		Descripción	Área (Ha)	%	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Qal	Depósitos aluviales y fluviales, arenitas y gravas	2500	1,58
		Qc	Depósitos coluviales recientes, matriz –soportados	476,19	0,3
		Qt	Depósitos de terraza aluvial, arenitas, gravas, matriz - soportados.	3952,3	2,5
	TERCIARIO	1Tm	Formaciones Guayabo y Real conformadas por sedimetitas continentales y epicontinentales	62942,4	39,88
		1To	Formaciones Leon y Colorado conformadas por sedimetitas continentales	11190,47	7,09
		1Te-o	Formaciones Mirador, Carbonera y Mugrosa, con sedimetitas continentales	6130,95	3,88
		1Tp-e	Formaciones Barco, Los Cuervos, Lisama y esmeralda. Ambiente continental.	16011,9	10,14
MESOZOICO	CRETACEO SUPERIOR	1Kc-m	Formaciones La Luna, Colón y Mitojuan. Sedimentitas epicontinentales	13214,28	8,37
		1Kce-t	Formación Capacho. Sedimentitas de ambiente nerítico	9345,23	5,99
	CRETACEO INFERIOR	1Ka-al	Formaciones Tibú, Mercedes, Aguardiente y Simita. Ambiente epicontinental.	328,09	0,2
		1Kbe-a	Formaciones Rio Negro, Los Santos y Rosa Blanca. Sedimentitas epicontinentales.	8611,11	5,45

JURASICO O	J3	Formaciones Girón y La Quinta. Sedimentitas continentales	7135,92	4,52
PRECAMBRICO	PCm	Neis de Bucaramnga. Metamorfismo de alto grado con protolito sedimentario	15952,38	10,1

Tabla 5.

Clasificación de las veredas de acuerdo a la geología.

Zona Administrativa 1		
División	Vereda	Litología
Corregimiento Menor La Loma	Santa Isabel	1T-pe, 1Kc-m, 1Kce-t, 1Kbe-a, J3, PCm, 1Ka-a.
	El retiro	Tp-e, Kc-m.
	Ima	Tp-e, Kc-m, Ke-t
	La Loma	Kc-m, Kce-t
	Juan Pérez	Ka-al, Kce-t, Kc-m
	El Azul	Tp-e, Kc-m
	La Cordillera	Tp-e, Kc-m
Corregimiento Menor Auxiliar Roman	Hato grande	Tp-e, Te-o
	El Jordan	Te-o
	Campo Alegre	Te-o, Tp-e
	Roman	Te-o, Tp-e
	Sabanalarga	Te-o, Tp-e
	Belchite	Tp-e
	Samaria	Te-o, Tp-e
	El Palmar	Te-o, Tp-e
	Palmar Bajo	Te-o, Tp-e
	Bochaga	Te-o, Tp-e
Corregimiento Menor Auxiliar La Unión	Quebrada Grande	Kc-et, Kc-m, Tp-e
	Tapata	Kc-et, Kc-m, Tp-e
	San José del Pedregal	Kc-m, Tp-e, Te-o, Qt
	La Unión	Tp-e, Te-o, Kc-m, Qal, Tp-e. Te-o, Qt
	Tierra Amarilla	Te-o, Tp-e, Qal, Kc-m
	El cedral	Te-o, Tp-e, Kc-m, Qal
	Santa Ana	Te-o, Tp.e, Kc-m
	El Naranjo	Te-o, Tp-e, Kc-m
Otras Veredas	Toledito	Qc, Te-o, Tp-e
	San Isidro	Qc, Tp-e, Te-o
	Buenavista Centro	Qc, Tp-e
	Hatos Alto	Te-o, Tp-e
	La Camacha	Tp-e, Te-o
	La Compañía	Te-o
	San javier	Qc, Tp-e, Te-o

Zona Administrativa 2		
División	Vereda	Litología
Corregimiento especial San Bernardo	Santa Ines	Ka-al, Kc-e
	Río Colorado	Ka-al, Kce-t, Kc-m
	Alto del Oro	Kce-t, Ka-al
	Urapal	Kce-t, Kc-m, Ka-al
	Buenavista	Kce-t, Kc-m
	La Reserva	Kc-m, Ka-al, Kce-t
	San Carlos	Ka-al, Kce-t, Kc-m
	Valegrá	Kce-t, Kc-m, Ka-al, Tp-e
	Providencia el limoncito	Kce-t, Kc-m
	Támara	Kce-t, Kc-m, Ka-al
	Santa Rita	Kc-m, Tp-e, Kce-t
	San Ignacio	Ka-al, Kc-m, Kce-t
	Corralitos	Kc-m, Kce-t
	Venagá	Kce-t, Kc-m., Tp-e
La Carbonera	Te-o, Tp-e, Kc-m, Kce-t	
Corregimiento Menor San Alberto	Santa Catalina	Kbe-a, Kce-t, Kc-m, PCm, Ka-al
	San Alberto	Kc-m, Tm, Ka-al, PCm, J3, Kbe-a, Kce-t
	Belen	Kce-t, Ka-al. Kbe-a
Corregimiento Menor Ceibal	La Aurora	Ka-al,
	Ceibal	Kc-m, Kce-t, Ka-al
	Vegón	Kce-t, Ka-al
	Santa Barbara	Kc-m, Kce-t, Ka-al
Zona Administrativa 3		
División	Vereda	Litología
Corregimiento Especial Samoré	San Antonio	PCm, Tm, J3, Kbe-a, To
	Junín	Tm, Ka-al, Pc-m, To
	Diamante	To, Tm
	Alto de Herrera	To, Tm
	Santa Maria	To, Tm
	El Limoncito	To, Tm
	La Tamarana	QC, To, Tm, Ka-al
	Cortinas	Tm
	El Paraiso	Tm, Ka-al
	Uncacias	Ka-al, Tm, To, Qt
	La China	Qt, To, Tm
	Troya	To, Qt, Tm
	Segovia	Tm, Ka-al
Corregimiento Menor La Mesa	Sararito	J3, Kbe-a, Ka-al
	Miralindo	J3, Kbe-a, Ka-al

	El Encanto	Ka-al
	La Mesa	J3, PCm, Kbe-a, To, Ka-al
	Rio Negro	To, Tm, Ka-al
	Santa Ana Sarare	Ka-al, To, Tm, J3
	Murillo	Kbe-a, PCm, J3, Ka-al, Tm, To
Zona Administrativa 4		
División	Vereda	Litología
Corregimiento Especial Gibraltar	La Pista	Qal, Qt
	La Bongota	Qal, Qt, Tm
	Mundo nuevo	Qal, Qt, Tm
	Cedeño	Qal, Tm
	Cubugón	Qal, Tm, To
	Santa Marta	Tm
	Alto Horizonte	Tm
	California	Tm, Qal
	Uncacias	Qal, Qt
	Segovia	Qal, Tm, To
	La Barroza	Qal, Qt
	Agua Blanca	Qal, Tm, To
	Solon Wilches	Qal, Tm, To
Corregimiento Menor El Margua	El Margua	Tm, Qt, Qal
	Porvenir	Tm, Qt, Qal

Geotecnia.

Las propiedades geotécnicas para suelo y roca fueron obtenidas por análisis de imágenes de Landsat y se llegó a la conclusión que el municipio cuenta con 2 tipos de suelos principal y especialmente: suelos de paisaje de montaña y suelos de paisaje de valle. Dichos suelos infieren un tipo de vegetación determina para que no se generen los deslizamientos de masa, adicional a los suelos y sus características geotécnicas se suman las propiedades de la vegetación presentes para la zona.

A continuación se observa el resumen para la parte geotécnica del municipio de Toledo:

Tabla 6.*Unidades de suelo presentes en el área.*

PAISAJE	RELIEVE	PENDIENTE	EROSION	UNIDAD	AREA (Ha)	%	
SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA	Cresta Homoclinal abrupta	pendientes mayor de 75%	sin procesos erosivos evidentes.	MKCG	3228.06	2.05	
			sin procesos erosivos evidentes.	MJCG	23.561.17	14.93	
				MOCG	32.352.33	20.50	
			erosión ligera.	MQCG1	438.54	0.28	
			erosión moderada.	MQCG2	4336.38	2.75	
	Crestas Homoclinales Agudas	pendientes mayores de 75%	erosión ligera.	MLCG1	5.847.11	3.71	
SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA	Crestones Homoclinales	pendientes entre 50 y 75%	sin procesos erosivos evidentes.	MKHf	3317.08	2.10	
			erosión ligera.	MPCf1	2216.89	1.40	
			erosión ligera.	MQHf1	2760.52	1.75	
			erosión ligera.	MUAF1	979.78	0.62	
		pendientes mayores del 75%	sin procesos erosivos evidentes.	MHCg	5861.35	3.71	
	Filas y Vigas	pendientes entre 50 y 75%	erosión ligera.	MLFF1	5155.30	3.27	
		pendientes mayores de 75%	erosión ligera.	MPFG1	948.53	0.60	
	Glacis	pendientes entre 3 y 7%		MUGbp	845.77	0.54	
		pendientes entre 7 y 12%	erosión ligera	MLGc1	661.83	0.42	
		pendientes entre 12 y 25 %	erosión ligera.	MLGd1	152.72	0.10	
				MQGdp	643.30	0.41	
				MQGcp	773.53	0.49	
SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA	Glacis de Acumulación	pendientes entre 12 y 25%	sin procesos erosivos evidentes	MKGd	1659.25	1.05	
	Lomas	pendientes entre 25 y 50%			MQLdp	227.87	0.14
			erosión ligera.	MUKg1	17.656.87	11.19	
			erosión ligera	MLLe1	2.153.60	1.36	
				MQLe1	637.65	0.40	
				MUFe1	16.279.68	10.32	
				MOLe	14.458.21	9.16	
			sin procesos erosivos evidentes.	MJLe	2.065.76	1.31	
			erosión ligera.	MQPe1	4422.44	2.80	
	sin procesos erosivos evidentes.	MHLe	775.33	0.49			
	Plano de inundación	pendientes entre 1 y 3%		VUAap	1648.74	1.04	
				VUBa	1562.59	0.99	
SUELOS DEL PAISAJE DE VALLE	Vallecito aluvio-columvial	pendientes entre 0 y 1%	sin erosión	MHVa	162.83	0.10	
	Vallecitos	pendientes entre 1 y 3%					

Tabla 7.*Especiación de las veredas y zonas administrativas por suelos.*

Zona Administrativa 1		
División	Vereda	Suelos
Corregimiento Menor La Loma	Santa Isabel	MJCg, MOCg, MHCg
	El retiro	MJCg, MHCg, MKHf
	Ima	MKCg, MKHf, MKGd, MJLe
	La Loma	MKGd, MLLe1, MQGcp
	Juan Pérez	MQGcp, MLLe1, MQPe1, MQHf1
	El Azul	MHLe, MHCg, MKCg, MKHf, MLCg1, MLLe1
	La Cordillera	MLCg1, MLFf1, MQGcp, MQHf1
Corregimiento Menor Auxiliar Roman	Hato grande	MQHf1, MQGdp, MQPe1, MLCg1
	El Jordan	MQPe1, MQGdp, MQHf1
	Campo Alegre	MLFf1, MLCg1, MQHf1, MQPe1, MQGdp, MQHf1
	Roman	MLCg1, MLFf1, MQPe1, MQGdp
	Sabanalarga	MLCg1, MLFf1, MQCg1, MQLe1, MQPe1
	Belchite	MHVa, MELe, MKHf, MKCg, MLCg1, MGCg1, MQPe1, MQHf1
	Samaria	MHVa, MHLe, MKHef, MLCg1, MLFf1, MKGd, MKCg,
	El Palmar	MQLe1, MLLe1, MQCg1, MQGdp
	Palmar Bajo	MQLe1, MLLe1, MQCg1, MQGdp
La Capilla	MQPe1, MQGdp	
Corregimiento Menor Auxiliar La Unión	Quebrada Grande	MLFf1, MHCg, MKCg
	Tapata	MLFf1, MLCg1, MLGc1
	San José del Pedregal	MKCg, MLGc1, MQCg2, MQPe1, MQGdp, MLCg1, MHCg
	La Unión	MLFf1, MQCg2, MQGd
	Tierra Amarilla	MQGdp, MQHf1, MKGd, MKCg
	El cedral	MLCg1, MKGd, MLCg1, MQCg2, MQPe1
	Santa Ana	MQHf1, MQCg2, MLCg1
El Naranjo	MQHf1, MQCg2, MLCg1	
Otras Veredas	Toledito	MQHf1, MQLe1, MQPe1, MLLe1, MKCg
	San Isidro	MQLe1, MLCg1, MQHf1
	Buenavista	MQLe1, MLCg1, MQHf1
	Hatos Alto	MQPe1, MQGdp
	La Camacha	MQHf1, MLFf1, MLLe1, MLCg1, MQGdp, MLCG1
	La Compañía	MQLap, MQCg2, MQPe1, MQHf1
	San javier	MQPe1, MQLap, MQCg2, MQGcp
Zona Administrativa 2		
División	Vereda	Suelos
Corregimiento especial San Bernardo	Santa Ines	MOLe, MKCg, MJCg, MPFg1
	Río Colorado	MKCg, MOLe, MPCf1
	Alto del Oro	MQCg2, MQHf1, MPFg1, MPCf1

	Urapal	MKCg, MPCf1, MQHf1
	Buenavista	MKCg, MPCf1
	La Reserva	MKCg, MPCf1, MQCg2, MQHf1
	San Carlos	MQHf1, MQCg2, MQPe1
	Valegrá	MQPe1, MQCg2, MKCg
	Providencia el limoncito	MQCg2, MQPe1, MQHf1
	Támara	MQCg2, MQHf1, MQPe1
	Santa Rita	MKHf, MJCg, MJLe, MKGd, MLGd1, MKHf, MQGcp, MLLe1
	San Ignacio	MQPe1, MQHf1, MQCg2
	Corralitos	MQPe1, MQHf1, MQCg2
	Venagá	MQCg2, MQPe1
	La Carbonera	MQCg2, MQPe1, MQHf1, MQCg2, MLCg1
Corregimiento Menor San Alberto	Santa Catalina	MHCg, MJLe, MOLe, MJCg, MOCg
	San Alberto	MOCg, MJCg, MUFe1
	Belen	MPCf1, MPFe1, MKCg, MPFe1
Corregimiento Menor Ceibal	La Aurora	MPCf1, MJCg, MPFg1, MOCg
	Ceibal	MKGd, MKCg, MPFg1
	Vegón	MQHf1, MQCg2, MQGdp, MQPe1, MLCg1
	Santa Barbara	MLLe1, MLCg1, MQPe1, MKHf
Zona Administrativa 3		
División	Vereda	Suelos
Corregimiento Especial Samoré	San Antonio	MUFe1, MOCg, MOLe
	Junín	MUFe1, MOCg
	Diamante	MUFe1, MOCg, MUFe1
	Alto de Herrera	MUFe1, MOCg, MUKg1
	Santa Maria	MOLe, MUFe1, MUGbp
	El Limoncito	MUKg1, MUFe1
	La Tamarana	MOCg, MUGbp, MUFe1, MOLe
	Cortinas	MUKg1, MUFe1
	El Paraiso	MUFe1, MOCg
	Uncacias	MUKg1, MUFe1, MUGbp, MOCg
	La China	MUFe1, MUGbp
	Troya	MUFe1, MUGbp, MUKg1
	Segovia	MJCg, MOCg, MUFe1
Corregimiento Menor La Mesa	Sararito	MOLe, MOCg, MPCf1
	Miralindo	MJCg, MOCg, MOLe
	El Encanto	MJCg, MOLe
	La Mesa	MJCg, MOLe, MOCg
	Rio Negro	MOLe, MOCg, MJCg
	Santa Ana Sarare	MOLe, MOCg, MUFe1
	Murillo	MOCg, MJCg
Zona Administrativa 4		
División	Vereda	Suelos
Corregimiento Especial Gibraltar	La Pista	VUAap, MUKg1
	La Bongota	VUAap, MUKg1

	Mundo nuevo	VUAap, MUKg1
	Cedeño	VUAap, MUKg1
	Cubugón	MUKg1, MUGbp, MUAf1
	Santa Marta	MUFe1, MUKg1, MUAf1
	Alto Horizonte	MUFe1, MUKg1, MUAf1
	California	MUFe1, MUKg1, MUFe1
	Segovia	MUGbp, MUKg1, VUAap
	Uncacias	MUFe1, MUKg1, MUAf1
	La Barroza	VUAap, MUKg1
	Agua Blanca	MUFe1, MUKg1, MUAf1
	Solon Wilches	MUGbp, MUKg1, VUAap
Corregimiento Menor El Margua	El Margua	MOCg, MOLe, MUFe1, MUKg1, VUBa
	Porvenir	MUKg1, VUBa, VUAap

Hidrología e Hidrogeología.

Para la hidrología se destacan gran cantidad de drenajes sencillos de los cuales se destacan río Valegra, río Oira, río Margua, río Oeste, río Talco, río Negro, río Culagá, río Jordan, río Orozco. Dichos ríos son resultados de una serie de tributarios menores que nacen en las cubres de las montañas.

La escorrentía está asociada a la cantidad de precipitaciones anuales, el valor de esta es variable, ya que existen variables de escorrentía intermedia <50 para el lado norte del municipio y con valores de escorrentía alta con valores >50 para la zona sur del municipio, nótese que este valor de rendimiento de escorrentía entre más alto implica que la absorción es mayor de agua para el terreno, por lo que este factores de alto riesgo para generar remociones en masa.

Hacia el lado sur del municipio se encuentra el río Cubugón, drenaje doble que implica un alto riesgo para el flujo de detritos por su enorme caudal.

Vegetación.

En la zona de estudio existe el desarrollo de una vegetación compuesta principalmente por arbustos y árboles, cuya densidad se ve intensificada en las laderas orientadas hacia el sur.

Los arbustos abarcan toda la extensión de la zona de estudio, aumentando su densidad sobre los depósitos de suelo reconocidos en la zona, principalmente aquéllos inmediatamente adyacentes a las quebradas. El área definida como roca presenta un desarrollo de suelo superficial, de no más de 2 m de espesor, el cual ha permitido también la existencia de este tipo de vegetación.

El desarrollo de árboles de tamaño pequeño (hasta 2-3 m de altura) se encuentra principalmente en los depósitos de suelo antiguos, MP3NP1-Mag2. Hacia el lado oeste es posible encontrar un desarrollo de árboles de mayor tamaño (hasta 6-7 m de altura) y más frondosos, producto que aquí existe un flujo continuo de agua durante todo el año. La mayor densidad de estos árboles se encuentra en las zonas de saltos rápidos de agua, donde el desnivel topográfico permite la deposición de material que conforman las unidades de suelo descritas y principalmente en las laderas que miran al sur.

Adicionalmente, hay presencia de gran parte del Parque Nacional Natural TAMA por lo que infiere vegetación perteneciente a paramo y gran cantidad de bosque.

Aun así, la introducción de agricultura como el café y el plátano infieren un avance de la deforestación en especial por los lados de la cabecera municipal, lo que infiere que los terrenos que estaban sostenidos por las raíces de los árboles, pierdan estabilidad.

A continuación se presentan los diferentes tipos de vegetación presentes en el municipio respecto al área que ocupan y su distribución para las veredas.

Tabla 8.

Distribución de la cobertura vegetal de acuerdo al área que ocupa.

Convención	Uso	Área m ²	%
COBERTURA EN BOSQUES			
VP	Vegetación de Paramo	5714,5	3,62
BN	Bosque Natural	102340,22	64,85
BNS	Bosque Natural Secundario	3066,79	1,94
BC	Bosque colonizado (Bosques, pastos, cultivos de pancoger)	3894,18	2,46
PASTOS			
PNM	Pastos no manejados	22763,64	14,42
PR	Pastos con rastrojos	412,49	0,09
PNM/ER	Pastos no manejados en suelos con presencia de erosión	39,69	0,02
PM	Pastos con nivel Manejados	1413,1	0,89
R	Rastrojos	3045,69	1,93
R/P	Rastrojos con pastos	7524,98	4,76
R/ER	Rastrojos en suelos con presencia de erosión	26,33	0,01
CULTIVOS			
Cultivos Transitorios			
MS - 1	Miscelaneos de papa (trigo, cebada, hortalizas)	1099,92	0,69
MS - 2	Miscelaneos con cultivos de yuca, cacao, maíz, pastos y rastrojos.	2556,17	1,61
Cultivos Permanentes			
CC	Áreas con predominio de Café	707,32	0,44
MC	Miscelaneos de Café y otros cultivos (Plantano, caña de azúcar, cacao, maíz, frijol, frutales, pastos y bosques).	3132,28	1,98
OTROS USOS			
ER	Erosión	26,65	0,01
Au	Áreas Urbanas	120,15	0,08
TOTAL		157.790,95	100

Tabla 9.*Uso actual del suelo por veredas.*

Zona Administrativa 1		
División	Vereda	Uso Actual
Corregimiento Menor La Loma	Santa Isabel	BN, R, PN, BNS
	El retiro	BN, BNS
	Ima	BN, BNS, PNM, BC
	La Loma	PNM, BN
	Juan Pérez	CC, PNM
	El Azul	BNS, BN, PNM
	La Cordillera	PM, BN
Corregimiento Menor Auxiliar Roman	Hato grande	MC, PNM, BN, PM
	El Jordan	MC, PM
	Campo Alegre	MC, PNM, BN
	Roman	PM, PNM, BC, BN
	Sabanalarga	MC, PNM, R, BN
	Belchite	R, PR, PNM, BN
	Samaria	PNM, PR, ER, BN
	Palmar Alto	PNM, R, PR, MS1, MC
	Palmar Bajo	MC, MS1, PR, PNM
Bochaga	BNS, MC, PM	
Corregimiento Menor Auxiliar La Unión	Quebrada Grande	R/PN, PNM, R, BN, BNS
	Tapata	R/PN, BNS, BN, R, PNM
	San José del Pedregal	PR, R, BNS, BN, PNM
	La Unión	PR, R, PNM, BN
	Tierra Amarilla	PR, R, PNM, BN
	El cedral	R, PR, PNM, PM
	Santa Ana	MC, R, BN, PNM
El Naranjo	R, PM, BN, PNM, MC	
Otras Veredas	Toledito	CC, PNM, PR, BN, MC, R
	San Isidro	R, MC, PM, PR
	Buenavista Centro	PNM, PM, MC
	Hatos Alto	PR, PM, MC
	La Camacha	PR, MC, PNM, BN, R
	La Compañía	PR, BC, R, PM
San javier	PR, PNM, PM, MC, BNS	

Clima.

Toledo por su excelente ubicación geográfica y geomorfológica cuenta con todos los pisos térmicos yendo desde muy frío húmedo que pertenece a la parte norte del municipio hasta cálido húmedo correspondiente a la parte sur de Toledo. Por ende la precipitación anual es igualmente variable, dependiendo del subclima que se presente en la zona, yendo también de subclimas secos (1-2mm/año) hasta lugares muy húmedos con precipitaciones anuales de 3mm/año hasta 7mm/año. Nótese que los lugares con mucha precipitación y subclimas cálidos son los más propensos a generar deslizamientos para la zona. Adicionalmente, las mayores temperaturas son mayores a los 24°C y las temperaturas más bajas son para la zona de paramo siendo esta de 6°C.

Para las zonas de alta precipitación consisten en dos grandes periodos de lluvia al año, la primera empieza para el mes de abril y termina a mediados de junio. La segunda, va para mediados de octubre y va hasta principios de diciembre. Los meses para la temporada seca son en especial: enero, febrero, julio y agosto.

Por otro lado, el fenómeno de la Niña, que marca un periodo de fuertes precipitaciones y frecuentes inundaciones durante los años lluviosos, generan unas condiciones favorables para los movimientos de masa puesto que la cantidad de precipitación está directamente relacionado con la presencia del fenómeno de la Niña ya que las precipitaciones mayores a 5mm/h son 7 veces mayores en presencia de este fenómeno (IDEAM, 2017).

A continuación se presenta la tabla de datos respecto a precipitaciones y condiciones climáticas:

Tabla 10.*Zonas de vegetación para el municipio de Toledo.*

CONVENCIÓN		DESCRIPCION	PRECIPI T (mm)	PISO TERMICO	ALTURA (m.s.n.m)	AREA Ha	AREA %
1	bmh-M	BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO	1000-2000	6-12°	2737-3771	12500.0	7.92
2	bh-MB	BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO	1000-2000	12-17°	1702-2737	42175.6	26.73
3	bmh-MB	BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO	2000-4000	12-17°	1702-2737	24424.9	15.48
4	bp-MB	BOSQUE PLUVIAL MONTANO BAJO	>4000	12-17°	1702-2737	4107.14	2.60
5	bp-PM	BOSQUE PLUVIAL PREMONTANO	>4000	17-24	668-1702	21607.7	13.69
6	bh-T	BOSQUE HÚMEDO TROPICAL	2000-4000	> 24°	0-668	7916.70	5.02
7	bmh-T	BOSQUE MUY HÚMEDO TROPICAL	4000-8000	>24°	0-668	3988.00	2.53
8	bh-PM	BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO	1000-2000	17-24°	668-1702	9821.42	6.22
9	bmh-PM	BOSQUE MUY HÚMEDO PRE MONTANO	2000-4000	17-24°	668-1702	31250.0	19.80
TOTAL						157790.95	100

Tabla 11.*Especiación de la vegetación para veredas y zonas administrativas.*

Zona Administrativa 1		
División	Vereda	Zona de vida
Corregimiento Menor La Loma	Santa Isabel	bh-MB, bmh-M, bh-PM.
	El retiro	bmh-M, bh-MB.
	Ima	bmh-M, bh-MB, bmh-MB.
	La Loma	bmh-MB, bmh-PM
	Juan Pérez	bmh-MB, bmh-PM
	El Azul	bmh-MB, bh-MB, bmh-M.
	La Cordillera	bmh-MB, bmh-PM
Corregimiento Menor Auxiliar Roman	Hato grande	bh-PM, bmh-PM, bmh-MB.
	El Jordan	bh-PM, bmh-PM.
	Campo Alegre	bmh-PM, bmh-MB
	Roman	bh-PM, bmh-PM, bmh-MB.
	Sabanalarga	bmh-PM, bmh-MB
	Belchite	bmh-PM, bmh-MB, bh-MB, bmh-M.
	Samaria	bmh-M, bmh-MB, bh-MB.
	El Palmar	bmh-MB, bmh-PM, bh-MB, bh-PM.
	Palmar Bajo	bmh-PM, bh-PM
La Capilla	bmh-PM, bh-PM	

Corregimiento Menor Auxiliar La Unión	Quebrada Grande	bh-MB, bmh-M
	Tapata	bh-MB, bmh-M
	San José del Pedregal	bh-MB, bmh-M, bh-PM.
	La Unión	bh-MB, bmh-M, bh-PM.
	Tierra Amarilla	bh-MB, bmh-M, bh-PM.
	El cedral	bh-MB, bmh-M, bh-PM.
	Santa Ana	bh-MB, bh-PM
	El Naranja	bh-MB, bh-PM
Otras Veredas	Toledito	bh-MB, bmh-M, bh-PM.
	San Isidro	bh-MB, bh-PM
	Buenavista Centro	bh-MB, bh-PM
	Hatos Alto	bh-MB, bh-PM
	La Camacha	bh-MB, bmh-MB, bmh-PM.
	La Compañía	bh-PM, bmh-PM
	San javier	bh-PM

Sismicidad.

El régimen tectónico en el que se encuentra Toledo lo convierte en un municipio desismicidad intermedia-baja a pesar de su cercanía con el segundo nido sísmico del mundo como lo es la mesa de los santos, que aunque las causas de estos sismos son desconocidos, se dice que la placa del Caribe se está fracturando y transformando en composición (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017). Como se observa en la tabla 18 la intensidad sísmica en los dos últimos años no supera los 3 grados en la escala de Richter.

Aun así no se pudo hacer un análisis sísmico para los mapas obtenidos porque los datos eran demasiado gruesos y la resolución en la que están dados no permite una correcta clasificación para este tipo de mapas.

Aun así los eventos sísmicos registrados desde el 2015 hasta la época en la red sismológica nacional se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Datos sismológicos presentados para Toledo por la Red Sinológica Nacional para el 2015-Ahora.

Fecha aaaa/mm/dd	Hora UTC hh:mm:ss	Magnitud MI	Longitud Grados	Latitud Grados	Municipio	Profundidad Km	Estado
10/03/2015	21:48:21	2.1	-72.173	7.334	TOLEDO	3.2	Revisado
09/04/2015	05:34:31	1.5	-72.227	7.254	TOLEDO	4.1	Revisado
05/05/2015	05:06:24	1.8	-72.225	7.292	TOLEDO	5.7	Revisado
20/05/2015	19:44:00	1.5	-72.322	7.398	TOLEDO	0	Revisado
12/06/2015	03:24:40	1.3	-72.236	7.231	TOLEDO	0	Revisado
24/07/2015	09:34:50	1.7	-72.315	7.251	TOLEDO	22.3	Revisado
19/12/2015	11:11:04	2.1	-72.271	7.304	TOLEDO	154.7	Revisado
05/02/2016	04:31:53	1.3	-72.284	7.214	TOLEDO	0	Revisado
08/04/2016	03:29:45	1.3	-72.283	7.179	TOLEDO	18.8	Revisado
08/05/2016	07:25:53	1.2	-72.317	7.159	TOLEDO	17.6	Revisado
19/05/2016	08:08:07	1.2	-72.263	7.294	TOLEDO	12.5	Revisado
10/06/2016	09:47:13	1.9	-72.166	7.402	TOLEDO	0	Revisado
05/08/2016	02:14:49	1.3	-72.321	7.28	TOLEDO	79	Revisado
19/10/2016	09:07:24	1.6	-72.303	7.317	TOLEDO	122.7	Revisado
24/12/2016	11:38:20	1.4	-72.184	7.333	TOLEDO	28.7	Revisado

Actividades antrópicas.

Entre las actividades antrópicas más sobresalientes se encuentran la extracción de carbón en gran parte del municipio, en especial hacia la zona noroccidental, cerca al casco urbano, lo que provoca una desestabilidad en la montaña de donde hacen la extracción y por ende genera condiciones favorables para los movimientos en masa. Adicionalmente, el municipio es atravesado por sur a norte por el oleoducto de caño limón procedente de la refinería de Ecopetrol, lo que a su vez, un mal uso podría generar de nuevo una desestabilización de las laderas y provocar deslizamientos de masa.

6. Evaluación del peligro de remoción en masa para el municipio de Toledo

De acuerdo a la metodología elaborada se ha obtenido el mapa de amenaza geológica para la zona de estudio para cada tipo de remoción en masa por separado. Estos resultados se observan en los mapas de amenaza presentados.

Basada en la información final otorgada por los mapas los cuales se modelan suponiendo un escenario estático con presencia de condiciones de tormenta, se observa que los rangos de amenaza alta y media para los deslizamientos de suelo se distribuyen principalmente en todo el municipio pero con predominio del sector ubicado cerca la cabecera municipal de Toledo, especialmente en la cercanía a los principales afluentes hídricos y donde hay presencia de actividades antropogénicas como extracción de carbón, también en lugares donde se ha hecho una transición de bosque a cultivo o es una zona deforestada como es el caso de las unidades 8 y 13. En tanto, las zonas donde predomina el peligro bajo, con algunas zonas de peligro medio y circunstancialmente peligro alto, corresponde a los lugares de predominio geológico con presencias de fallas y rocas con gran cantidad de arcillolitas como el caso de la unidad 28.

En tanto, las caídas de roca se dan principalmente en las zonas con alto grado de humedad, precipitación y rendimiento de escorrentía sumado al alto grado de pendiente para la zona. De esta manera, las unidades 11 y 12 son las que presentan alta amenaza de caída de roca.

Para el caso de flujos de detritos, la presencia de drenajes dobles como el río Cobugón principal fuente de agua que abastece a la zona sur del municipio presenta alto grado de peligro para flujo de detritos ya que el caudal de dicho afluente es bastante alto, adicionalmente aquellos lugares que presentan pendientes pronunciadas y alto grado de deforestación también son zonas altamente afectadas, por ende, la mayor parte de unidades relacionadas a la amenaza alta de flujo

de detritos son 33, 35, 38 y 40. Los peligros medios y bajos están asociados en general a quebradas de pendiente menor a 15° . Es importante considerar que la existencia de peligro alto no implica necesariamente que los eventos se desarrollen de manera simultánea.

Así mismo, se hace una correlación entre el mapa de amenaza por movimientos de masa existente que data del 2001 y los mapas obtenidos para ver las similitudes que se encuentran.

A continuación se presentan una tabla de resumen (Tabla 13) respecto a las zonas mayormente afectadas para cada tipo de remoción de masa y los mapas obtenidos para este municipio:

Tabla 13.

Clasificación de las veredas de acuerdo al grado de peligro y tipo de deslizamiento.

CATEGORIA	LOCALIZACIÓN GENERAL	CAUSAS	TIPO DE REMOCION	AFECCIÓN
AMENAZA ALTA	Vereda Tapatá	Composición del suelo tipo arcilloso, saturación del mismo y pendiente, Buzamiento favorable de la roca y fracturación de la misma, presencia de deslizamientos activos de tipo traslacional.	DESLIZAMIENTO DE SUELO	Vía, viviendas de San José del Pedregal
	Vereda San José del Pedregal			
	Vereda Santa Cecilia,			
	Vereda El Cedral,			
	Vereda El Naranjo,			
	Vereda Santa Ana,			
	Vereda Cortina,			
	Vereda La Unión.			
	Toledo. Veredas San José del Pedregal,	Saturación de suelos, pendientes del terreno.	CAIDA DE ROCA	Vía Chinacota - Toledo
	Santa Ana, El Cedral, El Naran	Eventos puntuales no generalizados.		
	Vereda La Camacha	Composición del suelo tipo arcilloso, saturación del mismo y pendiente.	DESLIZAMIENTO DE SUELO	Viviendas
	Vereda Belchite	Composición del suelo tipo arcilloso, saturación del mismo y pendiente. Fenómeno puntual no generalizado	DESLIZAMIENTO DE SUELO.	Viviendas, vía
	Vereda Sabana Larga	Esguerrimiento superficial de aguas, generan arrastre, saturación de suelos y deslizamientos puntuales no generalizados.	FLUJO DE DETRITOS	Viviendas, vía
	Vereda Román			
	Vereda Campo Alegre			
Vereda Hato Grande				
Vereda La Loma				
Vereda Santa Barbara				
Vereda Valegra				
Vereda Ima	Composición de suelo tipo arcilloso,	FLUJO DE DETRITOS	Viviendas.	

		Arrastres por crecidas de quebrada, generando Socavamiento de la base del talud.		
	Vereda Juan Pérez	Saturación de suelos y profundización de aguas.	FLUJO DE DETRITOS	Viviendas, paso oleoducto.
	Vereda La Carbonera			
	Vereda San Ignacio	Escurrencimiento superficial de aguas, generan arrastre, saturación de	FLUJO DE DETRITOS	Viviendas sector, Oleoducto
		suelos y deslizamientos puntuales no generalizados.		
	Vereda Venagá	Socavamiento base de talud cauce de quebrada	FLUJO DE DETRITOS	Cauce quebrada
	Verdea Tamara	Fracturamiento del terreno, roca suelta y composición del suelo.	CAIDA DE ROCA	Línea de oleoducto
	Vereda El Ceibal	Saturación de suelo, composición del terreno, pendiente	DESLIZAMIENTO DE SUELO	Afectación viviendas
	Vereda Alto del Oro	Escurrencimiento superficial de aguas, generan arrastre, saturación de suelos y deslizamientos puntuales no generalizados.	DESLIZAMIENTO DE SUELO	Afectación viviendas, vía principal.
Vereda San Carlos	Escurrencimiento superficial de aguas, generan arrastre, saturación de suelos y deslizamientos puntuales no generalizados.	FLUJO DE DETRITOS	Viviendas vereda	
AMENAZA MEDIA	Vereda Junin	Saturación de materiales, pendiente, filtración de aguas superficiales.	DESLIZAMIENTO DE SUELO	Vía, zonas de pastos
	Vereda Limoncito	Pendiente, saturación de los materiales. Taludes de las vías y	DESLIZAMIENTO DE SUELO.	Viviendas

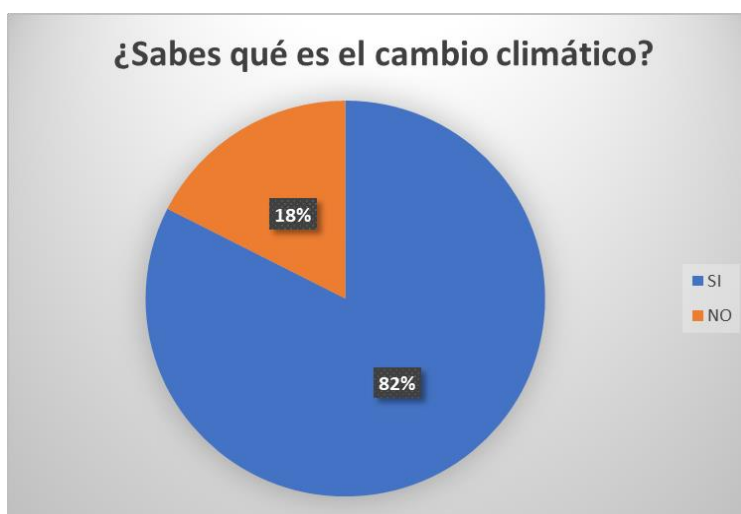
		descarga de aguas de escorrentía en sectores planos.		
	Vereda Urapal	Presencia de filtración de aguas provenientes de partes altas, composición de suelo arcillo-arenoso	CAIDAD DE ROCA	Via
	Vereda Río Colorado	Escurrimiento superficial de aguas, generan arrastre, saturación de suelos y deslizamientos puntuales no generalizados.	DESLIZAMIENTO DE SUELO	Vías, viviendas.
	Vereda El Encanto Vereda La Tamarana Vereda Troya Vereda Cedeño Vereda El Limoncito Vereda California Vereda Margua	Escurrimiento superficial de aguas, Composición del suelo tipo arcilloso y pendiente generan arrastre, saturación de suelos y deslizamientos puntuales no generalizados.	FLUJO DE DETRITOS	Vía, viviendas
	Vereda Santa Martha Vereda El Porvenir Vereda Mundo Nuevo Vereda La Bongota Vereda la Pista Vereda Santa Inés			

7. Análisis de Resultados

Tabulación de datos:

Pregunta 1:

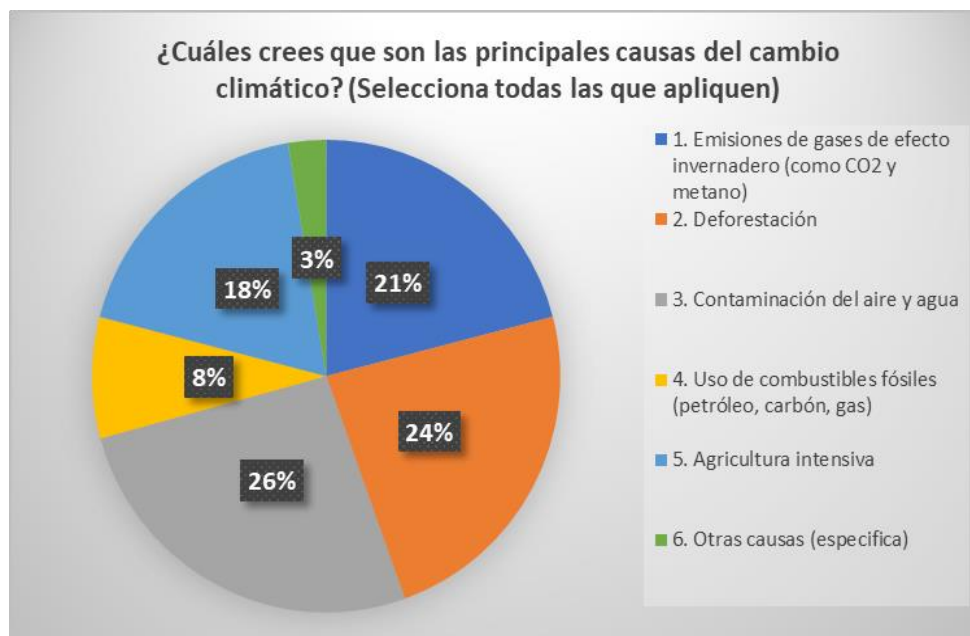
¿Sabes qué es el cambio climático?	
SI	66
NO	14



Gráfica 1. ¿Sabes qué es el cambio climático?

Pregunta 2:

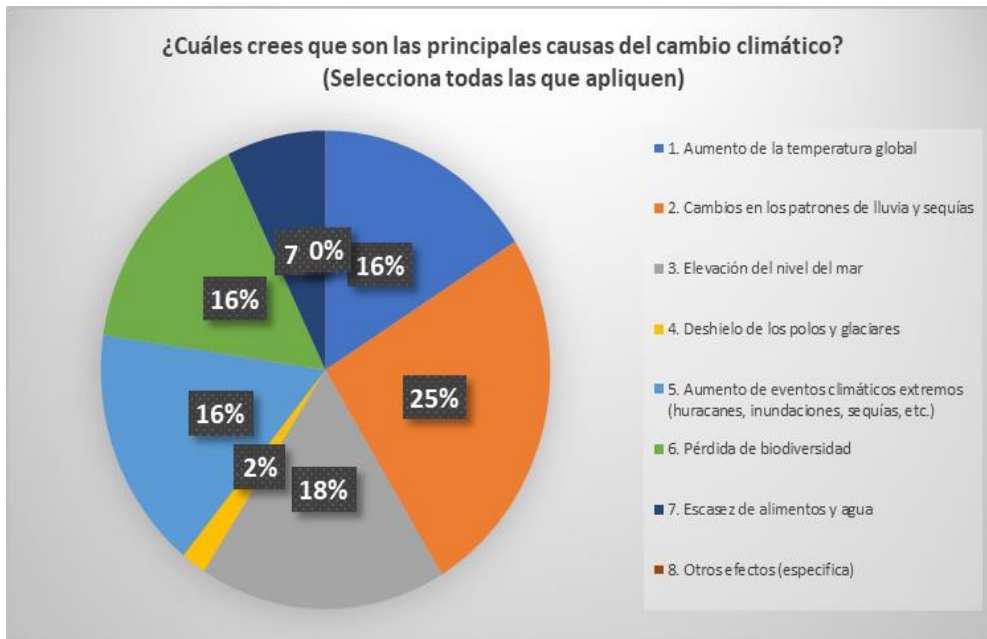
¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático? (Selecciona todas las que apliquen)	
1. Emisiones de gases de efecto invernadero (como CO2 y metano)	48
2. Deforestación	54
3. Contaminación del aire y agua	60
4. Uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas)	19
5. Agricultura intensiva	42
6. Otras causas (específica)	6



Gráfica 2. ¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático?

Pregunta 3:

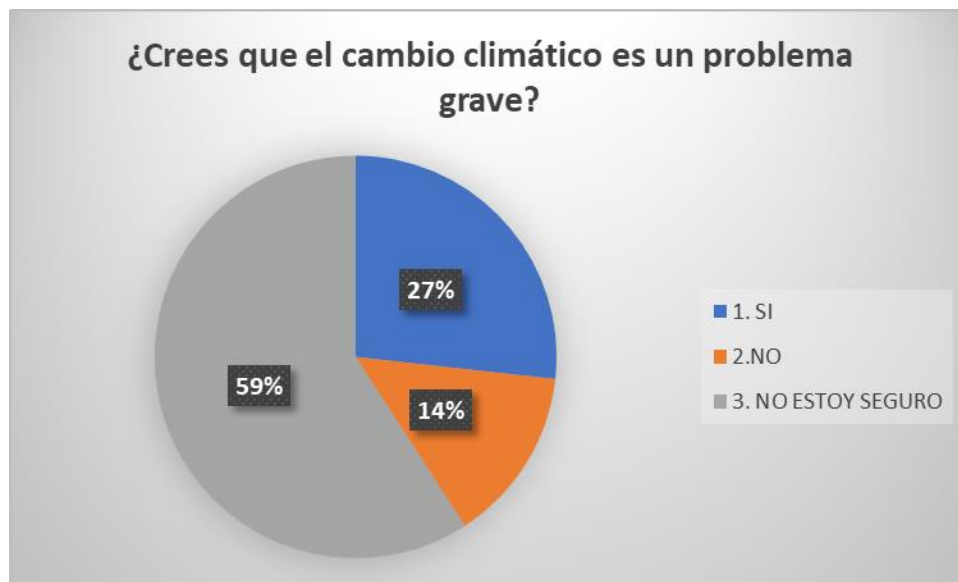
¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático? (Selecciona todas las que apliquen)	
1. Aumento de la temperatura global	36
2. Cambios en los patrones de lluvia y sequías	57
3. Elevación del nivel del mar	40
4. Deshielo de los polos y glaciares	4
5. Aumento de eventos climáticos extremos (huracanes, inundaciones, sequías, etc.)	37
6. Pérdida de biodiversidad	35
7. Escasez de alimentos y agua	16
8. Otros efectos (especifica)	0



Gráfica 3. ¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático?

Pregunta 4:

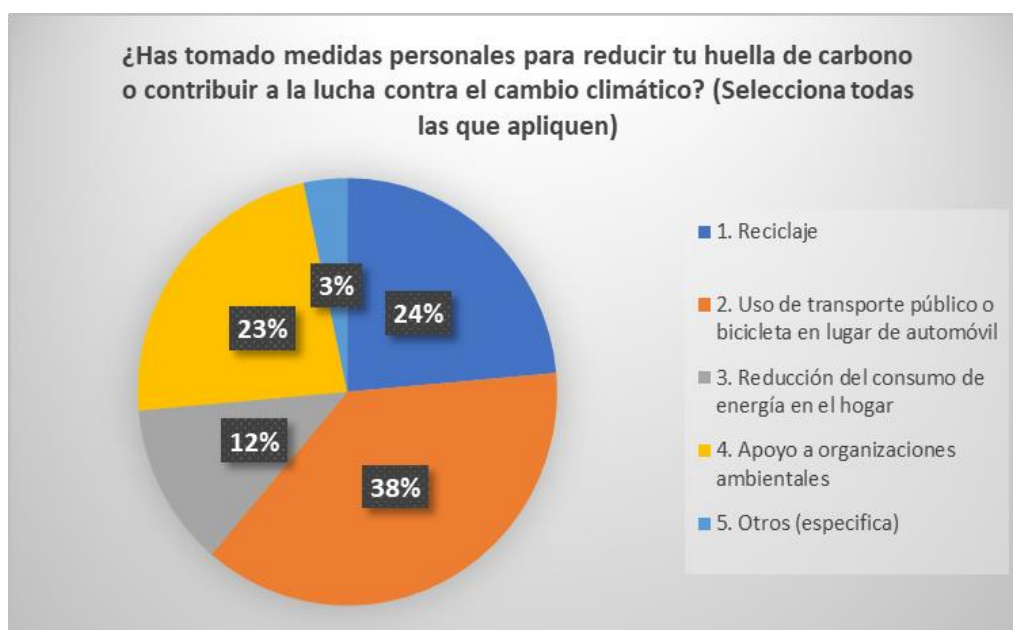
¿Crees que el cambio climático es un problema grave?	
1. Si	19
2. No	10
3. No estoy seguro	42



Gráfica 4. ¿Crees que el cambio climático es un problema grave?

Pregunta 5:

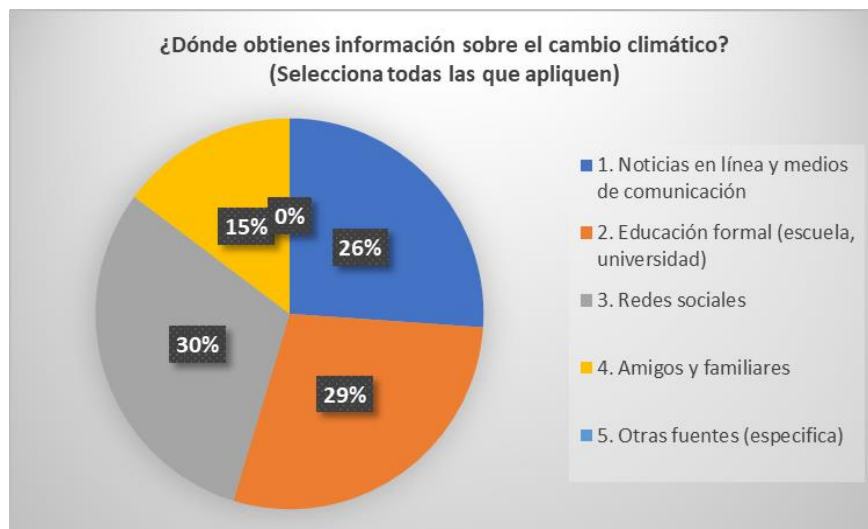
¿Has tomado medidas personales para reducir tu huella de carbono o contribuir a la lucha contra el cambio climático? (Selecciona todas las que apliquen)	
1. Reciclaje	42
2. Uso de transporte público o bicicleta en lugar de automóvil	67
3. Reducción del consumo de energía en el hogar	22
4. Apoyo a organizaciones ambientales	41
5. Otros (especifica)	6



Gráfica 5. ¿Has tomado medidas personales para reducir tu huella de carbono o contribuir a la lucha contra el cambio climático?

Pregunta 6:

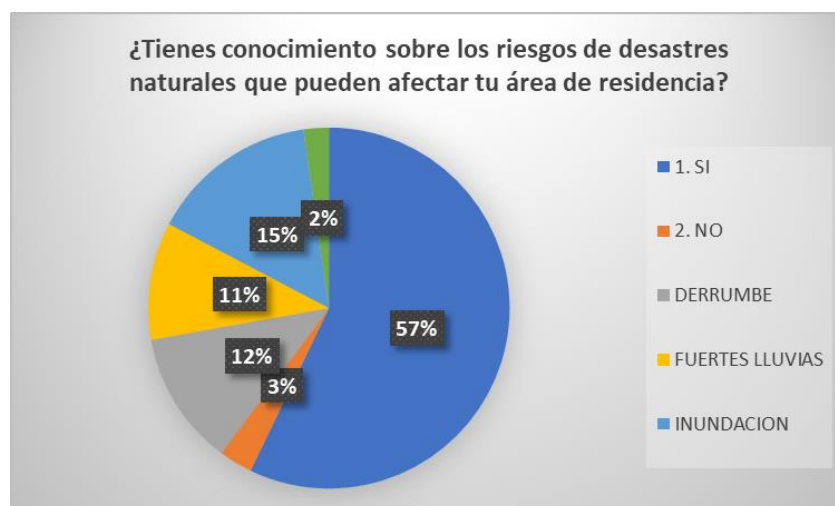
¿Dónde obtienes información sobre el cambio climático? (Selecciona todas las que apliquen)	
1. Noticias en línea y medios de comunicación	53
2. Educación formal (escuela, universidad)	58
3. Redes sociales	62
4. Amigos y familiares	30
5. Otras fuentes (especifica)	0



Gráfica 6. ¿Dónde obtienes información sobre el cambio climático?

Pregunta 7:

¿Tienes conocimiento sobre los riesgos de desastres naturales que pueden afectar tu área de residencia?	
1. Si	76
2. No	4
3. Derrumbe	16
4. Fuertes lluvias	14
5. Inundación	20
6. Derrumbes e inundaciones	3



Gráfica 7. ¿Tienes conocimiento sobre los riesgos de desastres naturales que pueden afectar tu área de residencia?

Pregunta 8:

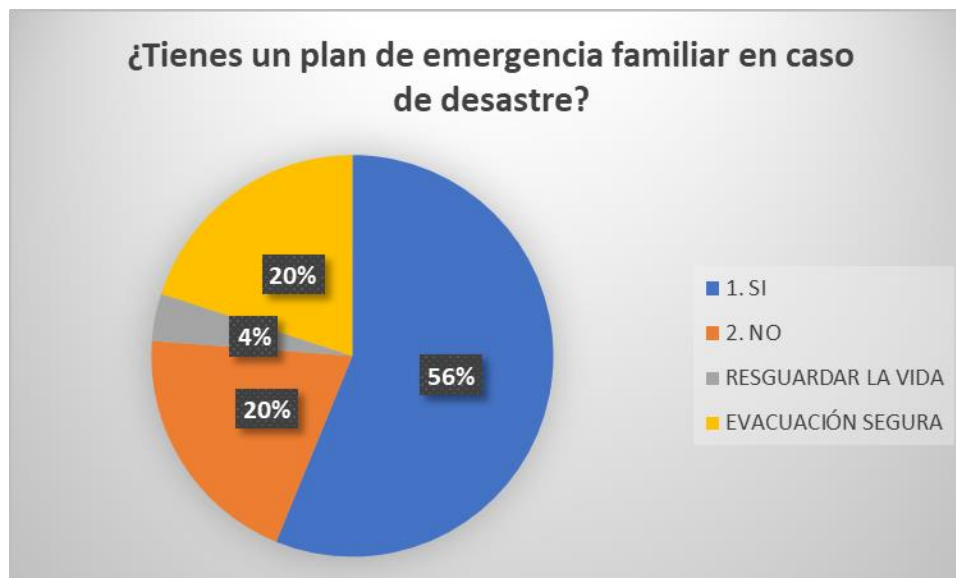
¿Crees que estás preparado/a para afrontar un desastre natural?	
1. Si	33
2. No	41
3. Resguardo	5
4. Punto de evacuación	19



Gráfica 8. ¿Crees que estás preparado/a para afrontar un desastre natural?

Pregunta 9:

¿Tienes un plan de emergencia familiar en caso de desastre?	
1. Si	59
2. No	21
3. Resguardar la vida	4
4. Evacuación segura	21



Gráfica 9. ¿Tienes un plan de emergencia familiar en caso de desastre?

Pregunta 10:

¿Has participado en simulacros de desastres o entrenamientos de respuesta a emergencias en tu comunidad o lugar de trabajo?	
1. Si	16
2. No	64



Gráfica 10. ¿Has participado en simulacros de desastres o entrenamientos de respuesta a emergencias en tu comunidad o lugar de trabajo?

Pregunta 11:

¿Tienes un kit de suministros de emergencia en tu hogar?	
1. Si	8
2. No	72
3. Si la respuesta es "Sí", ¿qué elementos incluye tu kit?	0



Gráfica 11. ¿Tienes un kit de suministros de emergencia en tu hogar?

Pregunta 12:

¿Tienes un plan para tus mascotas en caso de un desastre?	
1. Si	20
2. No	60
3. Tomar a la mascota	7
4. Salvar a la mascota	8
5. Resguardarlos	4



Gráfica 12. ¿Tienes un plan para tus mascotas en caso de un desastre?

Análisis de los Resultados.

Pregunta 1. *¿Sabes que es el cambio climático?*

El cambio climático surgió primordialmente por las actividades inadecuadas de los seres humanos, por lo que representa una problemática de escala mundial. Causando que en la atmosfera del planeta se generen y acumulen una gran cantidad de gases de efecto invernadero, provocando cambios en su estructura y produciendo lo que se conoce hoy en día como el calentamiento global. Esto conlleva a una responsabilidad de cada persona ya que somos esenciales en este planeta tierra y es por eso que el cuidar y proteger es una de las misiones mas importantes que tiene la humanidad. Debido a esto, cierta cantidad de gente no conoce acerca de lo que es un cambio climático y es por esa razón que sus acciones no son las más adecuadas. En una encuesta e interactuando con las personas acerca de este tema tan importante se dio a conocer un porcentaje de las que saben y entienden la importancia que es el medio ambiente y nuestro bienestar, el 82% en esta indagación tiene conocimiento de las causas que produce el calentamiento global y el 18% no cuentan con información apropiada con respecto el por qué sucede un cambio climático. Por ello, ¿cómo afecta el cambio climático en los municipios? las afectaciones son más vulnerables, teniendo en cuenta las características geográficas y las condiciones específicas en que se encuentran. Puesto que algunos de los efectos como, el aumento de las temperaturas, en la salud y el impacto en la agricultura son algunas de las consecuencias que afectan en estos lugares. No contar con estudio o acceso a información sobre lo que es el cambio climático por falta de capacitaciones sobre este tema y es muy poco probable que un funcionario se dedique a brindarlo. La gran mayoría de los municipios desconocen de los impactos potenciales de los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria y en

algunos casos no cuentan con las herramientas necesarias para emigrar a cultivos resistentes a las plagas, inundaciones y sequías que son derivadas de esta problemática.

Pregunta 2. *¿Cuáles crees que son las principales causas del cambio climático?*

Las causas del cambio climático radican en las acciones de la humanidad al llevar un constante aumento de los gases del efecto invernadero a la atmósfera, ocasionando que la temperatura en el planeta aumente, a lo que esto lleva a retener más calor de lo necesario, por otra parte, las actividades en el ámbito industrial, de transporte, agrícola, entre otros, también forman parte de esta gran problemática. Es por eso que la participación del ser humano respecto a estos temas ambientales es fundamental ya que su opinión influiría en cómo están actuando las personas en la actualidad. En una gráfica del 100% de las personas que participaron dieron su respectiva opinión acerca de las causas principales que provocan un cambio climático. Del 48 el 21% de las personas afirman que la principal causa son las emisiones de gases de efecto invernadero, como CO₂ y el metano. Del 54 el 24% aseguran que la deforestación es una de las consecuencias que provocan los cambios en el ambiente. La contaminación del agua y el aire cuentan con el 26% del 60 de las personas que creen que es la que más influye al cambio climático. La agricultura intensiva 42 del 18% afirmaron que son las que ocasionan impactos negativos ya que provocan la degradación de los suelos, el consecuente desplazamiento de comunidades, el uso masivo de tóxicos, entre otros. Del 19 del 8% de las personas piensan que el uso de combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y gas, son los que producen un calentamiento global. Y el 3% de las 6 personas respondieron que otras causas son las que generan esta problemática. Lo que esto concluye es que cada una de las causas que provocan el cambio climático debe ser de gran importancia conocerlas y conocer en que ámbito el ser humano está relacionado y tomar la responsabilidad de ello.

Pregunta 3. *¿Qué efectos o consecuencias del ámbito climático crees que están ocurriendo o podrían ocurrir en el futuro?*

Las consecuencias o los efectos que están ocurriendo son los mismos que ocurrirán a futuro, pero con un nivel de impacto grande y más frecuente si las acciones de los seres humanos siguen en la constante generación de gases de efecto invernadero a la atmósfera del planeta. Dado a que hacer partícipe a las personas sobre lo que está pasando con los problemas del medio ambiente es importante, y uno de los efectos principales es el aumento de la temperatura global, una de las respuestas de esta encuesta es que el 16% responden que a futuro las consecuencias de esta problemática podría provocar unos desajustes a nivel climático de los que ya se está viendo hoy en día como inundaciones, olas de calor, sequías e incendios y una pérdida irrecuperable de la biodiversidad. El 25% se habla de los cambios en los patrones de lluvias y sequías donde aseguran las personas según la gráfica, que es un grave problema ya que se está modificando los patrones de precipitación y evaporación en todo el mundo, a lo que genera un riesgo de incendios forestales debido a un clima más seco, produciendo lluvias más intensas y retención de las aguas a medida que pasa el tiempo. La elevación del mar representa el 18% de las personas que dan su punto de vista debido al cambio climático que hace que los glaciares se derritan y tengan cada año una subida del mar. El 2% opta por el deshielo de los polos y glaciares, puesto que es un problema importante ya que han afectado en el derretimiento de los glaciares y polos del planeta. Otro tema importante hace referencia al aumento de eventos climáticos extremos como los huracanes, inundaciones y sequías acontecimientos que engloban a todo lo que es el cambio climático. La pérdida de la biodiversidad cuenta con el 16% y el 7% es de la escasez de alimentos y agua, porcentajes que las personas afirman y de todo lo que abarca estos efectos y el impacto que genera en el mundo.

Pregunta 4. *¿Crees que el cambio climático es un problema grave?*

Según la encuesta a las personas que han participado el 59% no está segura, debido a que no sabe el impacto a nivel mundial de lo que produce un cambio climático y todas las consecuencias que esto conlleva. Y el 14% de las personas consideran que no es un grave problema lo que está sucediendo y puede suceder a futuro un cambio climático, por lo tanto, la importancia de que las personas se informen es positivo para el medio ambiente y de esa manera puedan tomar conciencia. El 27% de lo que se representa en la gráfica si aseguran que es un grave problema ya que nos afecta como seres humanos aumentando las enfermedades, en los animales y en todos los ámbitos que generen consecuencias negativas para el planeta y provoque su deterioro.

Pregunta 5. *¿Has tomado medidas personales para reducir tu huella de carbono o contribuir a la lucha contra el cambio climático?*

Tomar medidas personales es una forma de ser más conscientes y luchar contra el cambio climático. La percepción pública es importante porque brinda información valiosa para los responsables de la toma de decisiones. Es por eso que la indagación a las personas sobre la mitigación de esta problemática nos llevó a unos resultados que según la gráfica muestra acerca de diversos temas como el reciclaje que cuenta con el 24% de las 42 personas que se han tomado la tarea de contribuir con el medio ambiente evitando residuos y transformándolos en otros totalmente nuevos, ayudando al cuidado de los recursos naturales. El 38% de las 67 personas toman medidas personales usando el transporte público o bicicleta en lugar del automóvil reducen las emisiones de carbono. Por otra parte, el 22 del 12% optan por ayudar desde sus casas reduciendo el consumo de energía y de esa manera reducir los gases de efecto invernadero. Desde el apoyo a las organizaciones ambientales el 23% de las 41 personas apoyan a la

protección y recuperación de los recursos naturales, a luchar contra la deforestación y promueven las energías limpias y renovables. Por otro lado, solo el 3% de las 6 personas contribuyen desde otras medidas personales para reducir la huella de carbono. Estas podrían ser desde las escuelas, hospitales, restaurantes, las empresas, entre otros.

Pregunta 6. *¿Dónde obtienes información sobre el cambio climático?*

Según la encuesta aplicada a las personas, se recopilaron los siguientes datos. El 26% hace referencia a que se informan por medio de las noticias en línea y medios de comunicación. Otro medio de información es en la educación formal como escuelas y universidades en donde el 29% de las personas conocen del tema y se informan de esta problemática. El 30% responden que las redes sociales son el medio por el cual más se informan ya que ha tenido un papel fundamental en la concienciación sobre este tema y que esto permite que la opinión pública se eduque de esa manera por lo que el uso de la tecnología es cada vez más común a través de videos, cursos y plataformas en donde se hable del tema. Los amigos y familiares es una de las opciones donde el 15% de las personas conocen acerca del cambio climático y de todo lo que conlleva.

Pregunta 7. *¿Tienes conocimiento sobre los riesgos de desastres naturales que pueden afectar tu área de residencia?*

Los riesgos de desastres naturales debido a varios factores afectan las zonas residenciales y provocan grandes daños. Las personas que han sido afectadas conocen la gravedad que produce un desastre natural y las condiciones en las que quedan. El grafico de la investigación que se ha realizado arroja que el 57% conocen las afectaciones que generan los desastres naturales en un área residencial y el 15% de las personas han pasado por inundaciones debido a estos fenómenos naturales que son una de las consecuencias de las actividades del ser humano, por otra parte, el

11% de las fuertes lluvias y el 12% de los derrumbes las personas han sido afectadas y el 3% no conocen o no han vivido en situaciones como esas.

Pregunta 8. *¿Crees que estás preparado/a para afrontar un desastre natural?*

La importancia de estar preparados para un desastre natural es hacer un plan de emergencia es protegerse y a las familias ya que la probabilidad de sobrevivir será mayor y poder recuperarnos de un desastre a futuro. Las personas de esta encuesta respondieron que el 42% no se sienten preparadas para enfrentar un desastre natural debido a falta de información o interés por el tema. El 34% si cuenta con la preparación de un plan de emergencia y de la importancia de estar preparados y cuidarnos todos. El 5% si cuentan con un lugar en donde se puedan proteger y permanecer en calma. Y el 19% saben qué hacer en caso de que tengan que evacuar y están informadas de todas las recomendaciones y cuentan con un botiquín de emergencia casero para mantenerse seguros en caso de vivir un desastre natural.

Pregunta 9. *¿Tienes un plan de emergencia familiar en caso de desastre?*

Contar con un plan de emergencia familiar es esencial ya que nos permiten conocer que actividades se deben realizar antes, durante y después de un desastre. El 56% de las personas encuestadas si cuentan con un plan de emergencia familiar, ya que permite una rápida y eficiente respuesta en situaciones y ayuda a minimizar el pánico en momentos de estrés y miedo. El 4% de las personas resguardan o protegen la vida en donde se capacitan y son conscientes de la importancia de tener un plan de emergencia familiar. El 20% cuenta con una preparación para una evacuación segura en donde sigue las instrucciones y cumple con cada uno de ellos. Pero el 20% de las personas no tienen conocimiento lo que es un plan de emergencia y debido a eso y en

el momento de un desastre no podrían cuidarse y protegerse ni a sus familias y se pone en riesgo la vida.

Pregunta 10. ¿Has participado en simulacros de desastres o entrenamientos de respuesta a emergencias en tu comunidad o lugar de trabajo?

Participar en simulacros de desastres es importante porque nos permite experimentar si las acciones que se han preparado son efectivas. Ayudan a mejorar la preparación y prueba la capacidad ante la situación. Gran parte de las personas que equivalen a un 80% no participan en este tipo de simulacros y eso se debe a diversos factores y una de ellas podría ser la falta de consciencia ya que algunas personas no saben de la existencia de estos simulacros, el miedo puesto que en algunos casos puede generar ansiedad, falta de tiempo y recursos para participar. El 20% de las personas si han participado de respuesta de emergencia en la comunidad o el lugar de trabajo, son más conscientes de la importancia de la preparación debido a que contribuyen a comunidades más seguras y resilientes. Es importante dar a conocer y educar sobre estos simulacros ya que ayudaría en caso de desastre a la seguridad familiar, reducción del pánico, colaboración comunitaria.

Pregunta 11. ¿Tienes un kit de suministros de emergencia en tu hogar?

Es fundamental contar con un kit de emergencia en los hogares, dado que, el cuidado y la protección es una de las maneras de evitar riesgos o estar a salvo ante una emergencia. El 90% de las personas desconocen lo que se debe tener en un kit de suministros de emergencia en casa y eso puede dejar a las familias en una situación vulnerable, debido a esto la importancia de conocer acerca de estos temas garantiza la seguridad y la supervivencia de las personas y familias. Y el 10% están informados de la importancia de un kit de emergencia y conocen lo que

deben llevar. Los suministros que debe incluir un kit de emergencia en casa hacen referencia a un galón de agua por persona, alimentos para al menos tres días, linterna, silbato para pedir ayuda, botiquín de primeros auxilios, son algunas de los suministros de importancia que se debe tener en los hogares en caso de un desastre.

Pregunta 12. *¿Tienes un plan para tus mascotas en caso de un desastre?*

Tener un plan de emergencia para las mascotas en caso de un desastre es necesario ya que el 61% de las personas no son conscientes y desconocen algunos de los pasos a seguir en caso de estar en una situación de emergencia. Y el 7% toman a la mascota debido a la situación y no contar con plan de emergencia, donde el 8% de las personas acuden a que una de las opciones es salvarla y el 4% las Resguardan. Pero el 20% de las personas conocen la importancia de tener un plan de emergencia en caso de un desastre y una de las indicaciones es asegurarse de que las mascotas cuenten con su identificación, un kit de emergencia; en donde incluya comida, agua y medicamentos, un refugio seguro, mantener la calma por lo que esto ayudaría que sientan menos estrés las mascotas y un plan de evacuación en donde se cuente con un lugar que se puedan llevar en caso de abandonar el hogar. Una planificación anticipada es importante para la seguridad de las mascotas en caso de un desastre.

Conclusiones

La adaptación al cambio climático y la reducción de desastres naturales son temas fundamentales que deben abordarse de manera integral y efectiva para garantizar la sostenibilidad y la seguridad de las comunidades. En el contexto de este documento que se centra en la percepción de los habitantes de un área específica, como Toledo en Norte de Santander, se pueden obtener conclusiones importantes. Aquí hay algunas conclusiones que podrían derivarse de la investigación sobre este tema:

La percepción de los habitantes es fundamental para la conciencia y la comprensión de los desafíos del cambio climático y los desastres naturales. Es importante destacar que la educación y la difusión de información son esenciales para mejorar la conciencia y la comprensión de estos problemas, la participación activa de la comunidad es un componente clave en la adaptación al cambio climático y la reducción de desastres. Los habitantes pueden desempeñar un papel fundamental en la identificación de riesgos, la planificación de la respuesta y la implementación de medidas de adaptación.

El conocimiento de los habitantes puede identificar las condiciones locales y las vulnerabilidades específicas que enfrenta la comunidad. Esto permite la elaboración de estrategias adaptadas a las necesidades locales, Las conclusiones podrían resaltar los recursos disponibles y las limitaciones a nivel local para abordar el cambio climático y los desastres naturales. Esto es fundamental para la planificación y la asignación de recursos.

La percepción de los habitantes puede revelar cambios en el comportamiento y las prácticas en respuesta al cambio climático y a las amenazas de desastres. Esto puede ser un indicador de la efectividad de las iniciativas de concienciación y adaptación, Las conclusiones pueden subrayar

la necesidad de políticas y planificación integrada que involucre a múltiples partes interesadas, incluyendo gobiernos locales, comunidades, organizaciones no gubernamentales y el sector privado.

Un hallazgo clave podría ser el empoderamiento de la comunidad para tomar medidas proactivas en la adaptación y la reducción de desastres. Esto puede mejorar la capacidad de la comunidad para responder a desafíos futuros; las conclusiones derivadas de este trabajo sobre la percepción de los habitantes en relación con la adaptación al cambio climático y la reducción de desastres naturales pueden proporcionar una visión valiosa para el desarrollo de estrategias efectivas y sostenibles. Estas conclusiones pueden respaldar políticas, programas y acciones concretas que mejoren la resiliencia de las comunidades frente a estos desafíos.

Recomendaciones

Que la Universidad Francisco de Paula Santander, que incentive a los estudiantes del programa de Ingeniería Civil a realizar este tipo de proyectos de grado de investigación regional, los cuales ayudan a contribuir a crear soluciones que buscan reducir el porcentaje de residuos sólidos generados por los habitantes de los municipios de la región.

Que la Alcaldía Municipal de Toledo incluya en su programa de gobierno las estrategias para crear la cultura de cuidado basado en el cambio climático, acción que busca minimizar los niveles de riesgo y a su vez, generan progreso y desarrollo económico.

Implementar la estrategia de reutilización de residuos sólidos, para que reduzca en un porcentaje considerable la producción de residuos de comida; y sea una estrategia de desarrollo sostenible para el progreso de la región.

Desarrollar programas de educación y concienciación sobre el cambio climático y los riesgos de desastres naturales, dirigidos a la comunidad local. Esto puede incluir talleres, charlas y material informativo.

Fomentar la participación activa de la comunidad en la identificación de riesgos, la planificación de la respuesta y la toma de decisiones relacionadas con la adaptación y la reducción de desastres. Esto puede incluir la formación de comités locales.

Llevar a cabo evaluaciones de riesgos específicas de la comunidad para identificar amenazas clave y áreas de vulnerabilidad. Estas evaluaciones deben basarse en la percepción de la comunidad y en datos científicos.

Establecer sistemas de alerta temprana efectivos que sean accesibles para la comunidad.

Asegurarse de que la comunidad comprenda cómo funcionan y responda de manera adecuada a las alertas.

Promover la construcción de viviendas y estructuras resistentes a desastres y adaptadas al clima. Esto puede incluir la capacitación en técnicas de construcción segura.

Desarrollar estrategias para gestionar de manera eficiente los recursos hídricos, incluyendo sistemas de abastecimiento de agua y medidas de prevención de inundaciones.

Referencias Bibliográficas

- Alcántara, I. (2000). *Landslides ¿Deslizamientos o movimientos de terreno? Definición, Clasificación y Terminología*. México.
- Alleoti, P. (2004). *A warning system for rainfall-induced shallow failures*. Elsevier: Engineering Geology.
- Alleoti, P., y Chowdhury, R. (1999). *Landslides hazard assessment: summary review and new perspectives*. Bulletin of engineering Geology and Environment.
- Bagnold, R. (1954). *Experiments on a gravity - free dispersion of large solid spheres fluid under shear*. London: Royal Society.
- Bishop, A. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechnique*, 7-17.
- Brunsdon, D. (1973). *The application of systems theory to the study of mass movement*. University of Bari: Geologica Applicata e Idrogeologia.
- Brunsdon, D. (1979). *Mass Movement*. Arnold: Embleton, C.E. y J.B Thornes.
- Calva-Alejo, C. L., & Rojas-Caldelas, R. I. (2014). Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: retos para el logro de una planeación sustentable. *Información tecnológica*, 25(3), 59-72. Recuperado de:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000300009&script=sci_arttext
- Caracol radio. (2016). En la vereda la Camacha está el deslizamiento más grande del país.

- Collazos, H. (2008). Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios. En C. H., *Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios*. (págs. CAPITULO 2, NUMERAL 2,3.). BOGOTA-COLOMBIA: Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.
- Colombo, F. (1989). *Abanicos aluviales. Sedimentología*. Madrid: Consejo superior de investigaciones Científicas.
- Compostadores. (2005). *Qué es el compostaje*. Recuperado de:
<http://www.compostadores.com/h/que-es-el-compostaje>
- Cucuta, A. S. (2014). *Cucuta Le Informa*. Recuperado el MAYO de 2015, de CUCUTA LE IMFORMA: <http://www.cucuta-nortedesantander.gov.co/apc-aa/view.php3?vid=1090&cmd%5B1090%5D=x-1090-1380661>
- Donati, L., & Turrini, M. (2002). *And objective method to rank the importance os the factors predisposing to landslides with the GIS methodology: Application to an area of the Appennies*. Perugia, Italy: Elvasier.
- EOT. (2011). *Esquema de ordenamiento territorial*. Toledo - Norte de santander.
- Ercanoglu, M., y C., G. (2002). *Assessment of landslides suceptibility for landslides-prone area*.
- Erskine, C. (1973). *Landslides in the vicinity of the Fort Randall reservoir*. Dakota: Geol. Survey Prof.
- García, V. (2000). *Fenómenos de remociones en masa asociados a la ocurrencia de anomalías atmosféricas*. Bogotá.

- González-Diez, A. (2002). *A methodological approach for the analysis of the temporal occurrence and triggering factor of landslides*. Elsevier: Geomorphology.
- Greenwood, J. (2006). *A program for routine slope stability analysis to include the effects of vegetation, reinforcement and hydrological changes*. Halifax: Geotechnical and Geological Engineering.
- Haefeli, R. (1948). *The stability of slopes acted upon by parallel seepage*. Rotterdam: 2nd International Conference on Soil Mechanics.
- Haneberg, W. (2000). *Deterministic and Probabilistic Approaches to Geologic Hazard Assessment*.
- Hauser, A. (1993). *Remociones en masa Chile. Servicio Nacional De Geología Chile, 7-29*.
- Hauser, A. (1997). *Los aluviones del 18 de junio de 1991 en Antofagasta, un análisis crítico a cinco años del desastre*. Toledo: Servicio Geológico y Minero.
- Herrera, A. C. (2010). *Desarrollo de un plan de manejo de residuos sólidos urbanos para el municipio de El Espinal, Oaxaca*. El Espinal, Oaxaca, Mexico.
- Hoek, E. (1998). *Reliability of Hoek-Brown estimates of rock mass properties and their impact on design. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract, 63-68*.
- Hondupalma. (s.f.). *Guía de manejo de residuos sólidos*. Montería.
- Hungr, O. (2001). *A review of the classification of landslides of the flow type. Environmental & Engineering Geoscience, 221-228*.

- Hutchinson, J. (1968). Mass Movements. *Encyclopedia of Earth Sciences*, 688-695. IDEAM. (28 de Octubre de 2017).
- INETER, I. N. (2005). *Inestabilidad de Laderas*. Nicaragua: Mapas de Amenazas- Recomendaciones Técnicas para su Elaboración.
- Iverson, R. (1997). The physics of debris flows. *Reviews of Geophysics*, 245-296.
- Jacoby, D. (2001). *Vulnerabilidad del sector urbano de la Reina frente a desbordes de la quebrada de Ramón*. Chile.
- Janbu, N. (1973). Slope stability computations. *Casagrande Memorial*, 47-86.
- Jaramillo, J. (2003). *Mala gestion de los residuos solidos*. Medellin.
- Jaramillo, V. A. (2011). *Evaluacion de alternativas para el manejo de los residuos solidos en el Municipio De Balboa, Risaralda*. Pereira.
- Keefer, D. (1984). *Landslides causes by earthquakes*. Geological Society of America Bulletin.
- Khazai, B., & Sitar, N. (2000). Assessment of Sesimic Slope Stability Using GIS Modeling
- Kong, W. (2002). Risk Assessment of slopes. *Quaterly Journal of Engineering Geology*, 213-222.
- Kramer, S. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. *Prentice Hall civil Engineering mechanics series*, 653.
- Ladd, G. (1935). *Landslide, subsidences and rockfalls*. USA: Bulletin of the American Railway Engineering Association.

Lambe, W., & Whitman, R. (1972). *Mecánica de suelos*. Massachusetts: Editorial Limusa. Wiley.

Lee, S., Choi, J., & Min, K. (2002). Landslides susceptibility analysis and verification using de Bayesian probability model. *Enviromental Geology*, 120-131.

Luzi, L., Pergalani, F., & Terlien, M. (2000). Slope Vulnerability to earthquakes at subregional scale. *Engeneering Geology*, 313-336.

PGIRS. (2016). Plan de gestion integral de los residuos solidos. Toledo - Norte De Santander.

Pineda, S. (1998). *Manejo y disposicion de los residuos solidos* . Bogota: Lime.

Turkey: Environmental Geology.

Universidad de los Andes, C. d.–C.–., (2004). *Estudio de caracterización y cuantificación de los materiales potencialmente reciclables presentes en los residuos sólidos municipales generados en Bogotá D.C.* Bogota-Colombia.

Universidad del Valle, D. A. (2006). *Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en el municipio de Cali.* Cali-valle del cauca.