

**ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN
EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE,
DEPARTAMENTO DEL CESAR**

ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA PAZ

JORGE IVÁN MARQUEZ QUIROGA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

VALLEDUPAR – CESAR

2018

**ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN
EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE,
DEPARTAMENTO DEL CESAR**

ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA PAZ

JORGE IVÁN MARQUEZ QUIROGA

ASESOR TEMÁTICO Y METODOLÓGICO

FABIO ENRIQUE CARRILLO BOLAÑO

**INFORME DE PRÁCTICA EMPRESARIAL PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO**

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

INGENIERÍA GEOLÓGICA

VALLEDUPAR – CESAR

2018

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es el resultado de muchos años de estudio y dedicación, por esto quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mis padres por su esfuerzo y apoyo incondicional, a la Fundación Universitaria del Área Andina por los conocimientos brindados y a la Alcaldía Municipal de la Paz, Cesar por darme la oportunidad y el gran privilegio de realizar mis prácticas universitarias en sus instalaciones.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA PAZ, CESAR.....	2
2.1.	MISIÓN.....	2
2.2.	VISIÓN.....	2
2.3.	ORGANIGRAMA.....	3
3.	INFORME DE LA PRÁCTICA.....	4
3.1.	FUNCIONES.....	4
3.1.1.	INFORME DE FUNCIONES.....	4
3.1.2.	LOGROS ALCANZADOS.....	7
3.1.3.	IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE.....	7
3.1.4.	LIMITACIONES.....	7
4.	PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	8
4.1.	TÍTULO.....	8
4.2.	PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA.....	8
4.3.	JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	10
4.4.	OBJETIVOS.....	12
4.4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	12
4.4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
4.5.	MARCO DE REFERENCIAS.....	13
4.5.1.	MARCO DE ANTECEDENTES.....	13
4.5.1.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	17
4.5.2.	MARCO TEÓRICO.....	18
4.6.	METODOLOGÍA.....	21
4.6.1.	GEOLOGÍA.....	31
4.6.1.1.	FORMACIÓN MANAURE (P3P-C).....	33
4.6.1.2.	FORMACIÓN LA QUINTA (JRQ).....	34
4.6.1.3.	FORMACIÓN RIONEGRO (KIR).....	35
4.6.1.4.	DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES (QAL).....	37
4.6.2.	GEOMORFOLOGÍA.....	38
4.6.3.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	43

4.6.4.	CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE	44
4.6.3.1.	DESLIZAMIENTOS.....	45
4.6.3.2	FLUJOS.....	50
4.6.3.3.	CAÍDA DE ROCAS	51
4.7	MODELO DE EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS. ...	53
4.8	FACTORES Y PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.	55
4.8.1.	DESCRIPCIÓN DE FACTORES.....	56
4.8.1.1.	LITOLOGÍA.....	56
4.8.1.2.	GEOMORFOLOGÍA.....	59
4.8.1.3.	PENDIENTE (TOPOGRAFÍA Y RELIEVE).....	61
4.8.1.4.	USO Y COBERTURA DE SUELO (VEGETACIÓN)	64
4.8.1.5.	PRECIPITACIÓN	67
4.8.1.6	SISMICIDAD.....	70
4.8.1.7.	ZONAS DE FALLAS	73
4.9	CONVERSIÓN FORMATO VECTOR A FORMATO RASTER Y CÁLCULO FINAL DE SUSCEPTIBILIDAD.....	75
5.	RESULTADOS	82
5.1.	PREVENCIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE.....	84
5.1.1.	CRITERIOS DE SEGURIDAD.....	84
5.1.2.	MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN.....	85
6.	CONCLUSIONES.....	87
6.1.	RECOMENDACIONES.....	90
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	91
8.	ANEXOS.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la alcaldía del municipio La Paz, Cesar.	3
Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	18
Figura 3. Metodología para la valoración de amenaza por fenómenos de remoción en masa, aplicando SIG y factores de análisis combinados y ponderados.	23
Figura 4. Mapa geológico del corregimiento de San José de Oriente.	32
Figura 5. Capas masivas de calizas con textura mudstone y wackestone.....	33
Figura 6. Afloramiento de areniscas rojizas con intercalaciones de limolitas gris verdosas con coordenadas 1634515 m.N y 1112200 m.E.....	34
Figura 7. Afloramiento Formación Rio Negro.	36
Figura 8. Esquema columna estratigráfica local.	37
Figura 9. Terrazas aluviales.....	38
Figura 10. Mapa geomorfológico del corregimiento de San José de Oriente.	39
Figura 11. Rasgos geomorfológicos de la zona de estudio. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 12. Mapa de deslizamientos relevantes del corregimiento de San José de Oriente.	46
Figura 13. Deslizamiento traslacional vereda Las Nubes.	48
Figura 14. Deslizamiento traslacional, carretera Alto el Riecito – Brisas del Chiriamo.	49
Figura 15. Zona de origen y cuerpo del flujo de suelo, vereda Los Deseos.....	51
Figura 16. Caída de rocas, vereda Alto el Riecito.....	52
Figura 17. Caída de bloques, Vereda Cerro el Tesoro.....	53
Figura 18. DEM del área de estudio.....	62
Figura 19. Mapa de pendiente del corregimiento de San José de Oriente.	64
Figura 20. Mapa de uso y cobertura del suelo del corregimiento de San José de Oriente.....	67
Figura 21. Mapa de precipitación del corregimiento de San José de Oriente.....	69
Figura 22. Alcance de afectación de epicentros sísmicos.	71
Figura 23. Mapa de afectación por eventos sísmicos en corregimiento de San José de Oriente.	72
Figura 24. Principales fallas del corregimiento de San José de Oriente.	73
Figura 25. Zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa por fallas geológicas.	74
Figura 26. Proceso grafico conversión formato Vector a Ráster.	76
Figura 27. Proceso de conversión de vector a ráster y asignación del valor del tamaño de celda.....	77
Figura 28. Proceso para realizar la sumatoria de capas para el cálculo final de susceptibilidad.....	78
Figura 29. Proceso de cálculo de susceptibilidad final.....	79
Figura 30. Fórmula efectuada para realizar el cálculo de susceptibilidad a deslizamientos.....	80
Figura 31. Mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa del corregimiento de San José de Oriente.....	82
Figura 32. Distribución de la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente.....	84

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Principales actividades durante la práctica académica.</i>	5
<i>Tabla 2. División político administrativa del corregimiento de corregimiento de San José de Oriente</i>	17
<i>Tabla 3. Información bibliográfica utilizada en la primera fase del informe.</i>	24
<i>Tabla 4. Inventario de fenómenos de remoción en masa clasificado por formaciones geológicas entre abril y octubre del 2017.</i>	44
<i>Tabla 5. Factores determinados para realizar el estudio.</i>	56
<i>Tabla 6. Litología de la zona teniendo en cuenta la clasificación de Mora – Vahrson modificada.</i>	57
<i>Tabla 7. Parámetros de susceptibilidad litológica.</i>	58
<i>Tabla 8. Clasificación de la capa geológica según los parámetros de susceptibilidad litológica de Mora – Vahrson.</i>	58
<i>Tabla 9. Pesos de los diferentes factores para realizar la evaluación de amenazas por deslizamientos (modificado de Ambalagan, 1992; Ali Jawaid, 2000; Mendoza y Domínguez, 2005).</i>	59
<i>Tabla 10. Clasificación de la capa geomorfológica según los parámetros de susceptibilidad.</i>	60
<i>Tabla 11. Clasificación de pendientes según Mora Vahrson.</i>	63
<i>Tabla 12. Atributos de la capa de pendiente.</i>	63
<i>Tabla 13. Atributos de la capa de uso y cobertura de suelo.</i>	66
<i>Tabla 14. Valores asignados al parámetro de humedad por Mora-Vahrson 1992.</i>	68
<i>Tabla 15. Valores asignados al parámetro de precipitación para el proyecto, Modificado del Atlas climatológico del Ideam.</i>	68
<i>Tabla 16. Atributos de la capa de precipitación.</i>	69
<i>Tabla 17. Atributos de la capa de sismicidad.</i>	71
<i>Tabla 18. Valores asignados al parámetro de sismicidad para el proyecto, Modificado del Servicio Geológico Colombiano.</i>	72
<i>Tabla 19. Tabla de atributos de la capa de fallas.</i>	74
<i>Tabla 20. Ponderación final asignado a cada capa.</i>	81
<i>Tabla 21. Clasificación de susceptibilidad de Mora y Vahrson.</i>	83

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se enfoca en zonificar las áreas susceptibles a riesgos por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente ubicado en el municipio de La Paz, departamento del Cesar. Este corregimiento ha sido escenario de múltiples deslizamientos, flujos y caídas de rocas, convirtiéndolo en un territorio susceptible a este tipo de eventos.

Para llevarlo a cabo se emplea la metodología denominada “método Mora-Vahrson” y la evidenciada en la guía para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, elaborada por el Servicio Geológico Colombiano; debido a que mediante su utilización se logra evaluar y establecer sectores potencialmente susceptibles a presentar deslizamientos en casos de lluvias intensas, actividad sísmica, uso y cobertura de suelo, geología, geomorfología, pendiente de la zona, entre otros aspectos. El método Mora-Vahrson propone un proceso de evaluación, el cual se realiza mediante la combinación de distintos parámetros que condicionan los eventos antes mencionados, este proceso puede realizarse de manera rápida y sencilla por medio de un sistema de información geográfica, introduciendo parámetros debidamente valorados en campo y analizados en oficina.

La valoración en campo es muy importante debido a que permite determinar la realidad de los efectos provocados por los fenómenos de remoción en masa y la probabilidad de ocurrencia, logrando así la efectividad y validez de los resultados obtenidos en este proyecto. Se debe tener en cuenta que en la zona hacen presencia grupos ilegales que alteran el orden público, lo cual puede limitar la labor de reconocimiento en campo a una escala más detallada en ciertos sectores.

El informe final del proyecto consta de un documento escrito, el cual contiene cuadros y figuras diseñados por el autor, acompañado de un mapa de susceptibilidad a escala 1:50.000 (escala requerida por el EOT), que muestran los análisis de las variables físico naturales y el proceso de zonificación de amenaza total del terreno por fenómenos de remoción en masa para el área de estudio.

2. ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA PAZ, CESAR

La entidad pública en la cual se realizó la práctica empresarial corresponde a la Alcaldía Municipal de La Paz, en el departamento del Cesar, específicamente la dirección municipal de gestión del riesgo de desastre.

El alcalde de turno durante la ejecución de este proyecto es la Dra. Andrea Doria Ovalle Arzuaga

2.1. MISIÓN

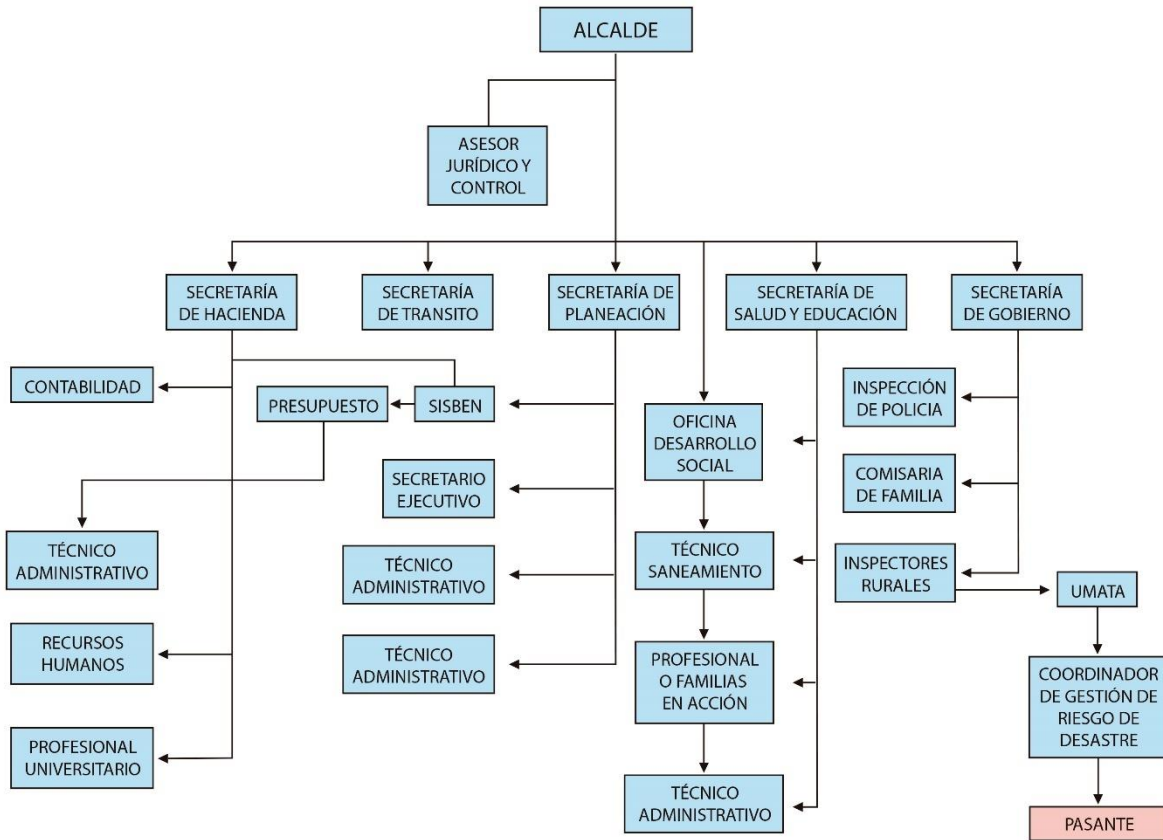
Administrar los asuntos municipales y prestar los servicios públicos de su competencia definidos en la constitución y la ley, bajo un esquema planificador prospectivo que apunte a solucionar las necesidades insatisfechas de la comunidad y que permita el logro de altos grados de aceptación y satisfacción por parte de la gente.

2.2. VISIÓN

El municipio de La Paz será en 15 años un territorio altamente productivo y competitivo que aprovecha su localización y sus pisos térmicos para insertarse en un mundo globalizado pero integrado territorialmente al Caribe y al interior del país, modelo de desarrollo humano sostenible, convivencia, equilibrio social y solidaridad, generador de oportunidades para todos, empleos formalizados, garante de los derechos humanos, armónico con el medio ambiente con principios de autoridad y con un alto grado de gobernabilidad.

2.3. ORGANIGRAMA

Figura 1. Organigrama de la alcaldía del municipio La Paz, Cesar.



Fuente: Autor.

3. INFORME DE LA PRÁCTICA

Esta práctica académica se realizó en la oficina de UMATA y control ambiental. El cargo ejercido fue de analista en gestión del riesgo de desastre.

Esta oficina se encarga de definir, diseñar, implementar, articular y monitorear la estrategia de administración integral de los recursos naturales renovables del municipio de la Paz en el departamento del Cesar. Además de la conservación, manejo, aprovechamiento y uso sostenible, acorde a las particularidades del territorio. Esta subdirección cuenta con el acompañamiento y seguimiento del ejercicio de la autoridad ambiental.

Los profesionales, técnicos, tecnólogos, practicantes, aprendices, etc., incluidos dentro de la oficina y que ejercen como autoridad ambiental, son los encargados de velar por los recursos naturales renovables.

3.1. FUNCIONES

3.1.1. INFORME DE FUNCIONES

Durante el periodo de práctica académica, las funciones más relevantes que se realizaron fueron:

- ✓ Actualizar y retroalimentar los SIG con los que cuenta el municipio.
- ✓ Identificar las formaciones geológicas donde más se generan fenómenos de remoción en masa.
- ✓ Atención de PQR's (peticiones, quejas y reclamos) interpuestas ante el municipio referentes a gestión del riesgo.
- ✓ Controles y seguimientos a planes de manejo ambiental en minería, agro, y demás actividades.
- ✓ Realizar los informes de las visitas, atención de PQR's y controles de seguimiento a planes de manejo que realice.

✓ Realizar control de peritajes en áreas con ejercicio de minería ilegal.

✓ Apoyar a la ART (Agencia de renovación del territorio) en la elaboración de mapas y georreferenciación de puntos estratégicos para ejecución de proyectos.

A continuación, se presenta una tabla con algunas de las actividades, objetivos y resultados, obtenidos durante la práctica académica.

Tabla 1. Principales actividades durante la práctica académica.

ACTIVIDAD	OBJETIVO	RESULTADO
<p>Georreferenciar los puntos críticos del anillo vial del corregimiento de san José de Oriente, para estudio de elaboración de placa huella.</p>	<p>Tener posicionado todos los tramos que se evaluaron y priorizaron en reuniones donde intervinieron alcaldía, ART (agencia de renovación del territorio) y comunidad.</p>	<p>Se logró hacer dicha actividad y de esta manera dar cumplimiento a la primera fase del proyecto, tarea que se le asignó a la alcaldía municipal de la paz y de la cual era responsable.</p>
<p>Representar a la oficina en talleres de asistencia técnica a las entidades territoriales en la implementación de los componentes del sistema nacional de gestión del riesgo de desastres de acuerdo a lo establecido en la ley 1523 de 2012.</p>	<p>Representar a la oficina territorial en el oficio de actualización del plan municipal de gestión del riesgo de desastre del municipio de La Paz - Cesar, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la ley 1523 de 2012.</p>	<p>Cooperación en la identificación de escenarios de riesgo del municipio, consolidación y priorización de escenarios de riesgo.</p>
<p>Respuesta a derecho de petición interpuesta por la procuraduría por afectaciones ambientales por posible minería no formal en los corregimientos de Minguillo, Varas blanca y san José de oriente, en el municipio de la Paz.</p>	<p>Verificar las actividades de minería en el área, observar las afectaciones ambientales generadas por la actividad en la zona y evaluar las afectaciones generadas por dicha labor en el área.</p>	<p>Durante la visita se encontró actividad minera en el área de Minguillo, afectación ambiental como degradación de agua, suelo fauna y flora; por lo que se procedió a denunciar dichas actividades ante las autoridades de control.</p>

<p>Evaluar daños y georreferenciar puntos críticos por remoción en masa en las veredas La Laguna, los Andes y Alto del Riecito</p>	<p>Se logro identificar la cuantía de los daños y se clasifico el nivel del riesgo presente en la zona.</p>	<p>Se reportó a la oficina de gestión del riesgo y desastre departamental las pérdidas materiales de la zona afectada para acceder a las ayudas de tipo económica que brinda el estado en este tipo de situaciones, es necesario manifestar que no se pudo llegar a la vereda Los Andes, ya que las condiciones meteorológicas lo impidieron.</p>
<p>Levantamiento veredal del municipio de La Paz.</p>	<p>Realizar el levantamiento veredal del municipio de la paz, ya que hasta ese momento no se contaba con un mapa actualizado donde estuvieran ubicados los corregimientos con sus respectivas veredas, y de esta manera facilitar la metodología para realizar las nucleaciones veredales por parte de la ART.</p>	<p>Se realizó el levantamiento veredal al 100% esta labor se realizó en dos fases la primera se basó en una identificación veredal por medio del programa Google Earth en esta fase se logró ubicar el 40% del total de los puntos el 60% restante se obtuvo en la segunda fase mediante visitas a campos donde se tomaron puntos por medio de GPS y luego ingresado al programa ArcGIS. Es importante dar a conocer que en este ejercicio no solo se ubicó la posición geográfica de cada vereda sino también se determinó el polígono (extensión) que poseen cada una de ellas.</p>

3.1.2. LOGROS ALCANZADOS

Dentro de los logros alcanzados durante la práctica se tiene el cumplimiento de cada una de las actividades asignadas, las cuales fueron descritas en la tabla 1, llevando así a cabalidad las metas y objetivos propuestos por la oficina de UMATA y Control Ambiental del municipio de la Paz, departamento del Cesar.

Otro logro muy importante, fue compartir y trabajar de la mano con profesionales no solo del área de las ciencias de la tierra, sino también del área ambiental, social, entre otras; y así poder llevar a cabo un trabajo interdisciplinario, alcanzando un enriquecimiento en conocimientos y experiencia lo cual juega un papel clave a la hora de desarrollar futuros proyectos.

3.1.3. IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE

Las prácticas profesionales en la Alcaldía Municipal de la Paz generaron un impacto positivo tanto en el ámbito personal como laboral, proporcionando mayor destreza a la hora de utilizar los sistemas de información geográfica, así como también, en la realización de evaluaciones de riesgo de desastre; suministrando y recibiendo experiencias tanto en oficina como en campo, sumando conocimientos, continuando la formación como profesional a ejercer, forjando nuevos saberes y acrecentando así habilidades en el área de la ingeniería geológica, aumentando la exigencia propia cada día e incentivando a buscar siempre la excelencia.

3.1.4. LIMITACIONES

Durante el transcurso de las prácticas profesionales se presentaron diversas limitaciones al momento de realizar actividades en campo, como por ejemplo la presencia y circulación de grupos armados al margen de la ley, así como minas antipersonales han entorpecido en algunos momentos la actividad a desarrollar, debido a que pone en riesgo la integridad física. Pese a estos inconvenientes siempre se mantuvo en mente la importancia del trabajo que se debía realizar y el cambio positivo que iba a generar.

4. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. TÍTULO

Zonificación de la vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente, departamento del Cesar.

4.2. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

La gestión del riesgo de desastre en Colombia, es un tema que en los últimos años ha venido tomando una gran importancia a tal punto que se ha creado la Ley 1523 de 2012 que trata sobre la normatividad del sistema nacional de gestión de riesgo. Por lo tanto, la gestión de riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo¹. Esta ley involucra un conjunto de entes que, dependiendo la cuantía del desastre, tomarían responsabilidad directa, ya sea el estado, las gobernaciones y las alcaldías.

El departamento del Cesar no es ajeno a esta problemática nacional, al contrario, ocupa el segundo lugar en el ranking de los departamentos con mayores zonas de riesgo en el país, por tal razón este proyecto es pertinente para el municipio de La Paz, específicamente en el corregimiento de San José de Oriente, el cual, debido a su diversidad geomorfológica, topográfica e hídrica, se convierte en un territorio susceptible a diferentes escenarios de riesgo por remoción en masa, máxime cuando es un territorio susceptible a este tipo de fenómenos según la información registrada por el SIMMA (Sistema de información de movimientos en masas), por lo cual se hace necesario zonificar esta región en función de deslizamientos, flujos y caídas de roca.

Aspectos como la carencia de herramientas de vital importancia como son los mapas de susceptibilidad donde se podrán identificar las zonas y el nivel de riesgo

¹ NGRD Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - Colombia. (24 de Abril de 2012). Normatividad. Obtenido de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Normatividad.aspx>

que presenta el municipio, conllevan a formular y desarrollar el siguiente interrogante, ¿Cuáles son las áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente?

En este orden de ideas, las causas probables que originan los fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio, están relacionadas directamente con el desarrollo desordenado del espacio geográfico, uso y manejo inadecuado del suelo, prácticas inadecuadas de producción agrícola, tala y quema indiscriminada de la cobertura vegetal, expansión agropecuaria en zonas protegidas por la Ley 2 de 1959 (sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables), explotación minera sin control legal y ambiental, deficiente planificación de obras civiles y de vivienda, suelos poco consolidados de laderas, alto grado de fracturamiento en algunas formaciones, topografía fuerte con predominio de pendientes altas mayores a 50% de inclinación, cotas que van hasta los 3600 m.s.n.m. y factores meteorológicos adversos con presencia de precipitaciones que en su máximo nivel alcanza hasta 2000 mm por año hacen que el corregimiento sea un escenario propicio para el desplazamiento de material tanto de suelo como de roca.

La falta de información acerca de las amenazas naturales, entre ellas, las relacionadas con los fenómenos de remoción en masa, ha provocado en el área de estudio la intervención y ocupación de espacios geográficos que actualmente presentan un nivel de incidencia alto en función de deslizamientos, flujos y caídas de roca, situación preocupante para los organismos de socorro que posee el municipio de La Paz y el departamento del Cesar.

Como consecuencia, se evidencia en el corregimiento de San José de Oriente, transformación y deterioro del paisaje, destrucción de infraestructura, atraso económico y disminución de la calidad de vida de sus habitantes; por lo que es necesario este tipo de investigaciones ya que permiten que la comunidad conozca las zonas más susceptibles a este tipo de fenómeno.

4.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Factores como cambio climático, vulcanismo, sismicidad, actividades antrópicas, entre otros, hacen que nuestro país Colombia sea altamente vulnerable a los diferentes escenarios de riesgo que se puedan presentar. Existen diferentes sucesos catastróficos como la tragedia de Armero, quizá la más recordada por el sin número de víctimas, la cual generó un precedente y sirvió para evaluar las políticas de gestión del riesgo de desastre que en ese momento no se implementaban y que en caso de haber estado operando hubieran minimizado en gran manera el daño causado; tiempo después el país fue golpeado nuevamente por situaciones que enlutan el territorio nacional como es lo ocurrido en Mocoa capital de Putumayo donde la interacción de los ríos Mocoa, Taruca, Sangoyaco y Mulato, en una zona compleja y abrupta, en donde los bosques primarios han sido afectados por la deforestación y acompañada de la situación actual del cambio climático y la presencia de lluvias intensas y de alta duración, se descargó mucha agua sobre las cuencas y todas las rocas del fondo empezaron a empujarse unas a otras con mucha energía, como si se tratara de un dominó. Cuando el río llega donde hay un cambio de pendiente, como el valle en el que se encuentra Mocoa, el material se sale de su cauce y ahí es donde se forman las avenidas torrenciales, la acción de ese lodo, arena, piedras y árboles afecta con su energía cualquier cosa que exista a su paso².

Debido a las situaciones anteriormente expuestas, este tipo de proyectos han tomado mucha importancia en el país, no solo a nivel departamental sino a nivel municipal. El 70% del municipio de La Paz se encuentra ubicado en la serranía del Perijá, como es el caso del corregimiento de San José de Oriente; que acompañado del acelerado cambio climático y actividades antrópicas se convierten en factores detonantes de la inestabilidad de suelos, crecientes, inundaciones, entre otros que podrían ocasionar alteración de orden social, ambiental y económico.

² Cuervo, G. V. (9 de abril de 2017). *Cambio climático y lluvias, entre las causas del desastre de Mocoa*. EL TIEMPO.

Los fenómenos de remoción en masa son procesos que ocurren en todas las regiones del país, los cuales se hacen más frecuentes en épocas de invierno, ya que los materiales sobrepasan el estado de equilibrio, (pasan de un estado sólido a otro plástico y líquido), originando cambios en el comportamiento mecánico de los depositos superficiales y en el macizo rocoso³.

La región Caribe presenta características comunes en su formación geológica y en la ocurrencia de procesos de inestabilidad; teniendo en cuenta estos aspectos, el corregimiento de San José de Oriente se caracteriza por los frecuentes acontecimientos de procesos de movimientos en masa de diferente magnitud y tipología, por tal razón la importancia de este proyecto, ya que se identificarán las zonas más susceptibles a este tipo de fenómenos.

Para la alcaldía municipal de La Paz este proyecto será una herramienta de vital importancia debido a que actualmente no cuentan con trabajos detallados sobre fenómenos de remoción en masa ocurridos en este corregimiento; para evitar pérdidas humanas y daños materiales, surgió la necesidad de realizar una evaluación de la susceptibilidad por los fenómenos de remoción en masa que apoye la elaboración de una planificación territorial, correcto uso del suelo y gestión de riegos.

³ Saez, E. (2010). *Fundamentos de Geotecnia*. Santiago.

4.4. OBJETIVOS

4.4.1 OBJETIVO GENERAL

Zonificar la vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente, departamento del Cesar.

4.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los principales factores detonantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de interés.
- Realizar una evaluación de las áreas más susceptibles por los fenómenos de remoción en masa mediante el método de Mora Vahrson modificado, considerando también la metodología del SGC.
- Elaborar un mapa de susceptibilidad donde se podrán identificar las zonas y los niveles de riesgo presentes en el corregimiento de San José de Oriente.

4.5. MARCO DE REFERENCIAS

4.5.1. MARCO DE ANTECEDENTES

Las amenazas naturales son eventos que afectan todo el mundo, catalogadas muchas veces como un castigo divino e inevitables y atribuidas al uso inadecuado e irresponsable de los recursos naturales; por esto se hace importante el diseñar, adoptar y generar medidas de prevención de desastres⁴.

En un territorio es fundamental conocer y clasificar dicha zona con base a su susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgo frente a los fenómenos naturales, geológicos y climatológicos; pues una vez se tenga identificada la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos, será posible diseñar y/o adoptar medidas de prevención y de ordenamiento territorial que permitan minimizar los riesgos a los que este expuesta una sociedad⁵.

A continuación, se presentan algunos proyectos basados en la zonificación de áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa, los cuales tienen como objetivo identificar y caracterizar los sistemas hidrológicos y geomorfológicos presentes en la zona, determinar los principales factores detonantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa y mapear el nivel del riesgo de las áreas de estudio, cabe notar que estos trabajos citados están enmarcados en un contexto internacional, nacional y local.

A nivel internacional los fenómenos de remoción en masa se han convertido en un problema que afecta a muchos países, como ejemplo de ello La Comisión Europea en su programa Europeo de Climatología y Riesgos Naturales (EPOCH, siglas en ingles), ha financiado proyectos como Ocurrencia y prevención de deslizamientos en la comunidad Europea, nuevas tecnologías para la valoración de riesgo de deslizamiento en Europa y el impacto de deslizamientos en el ambiente montaños:

⁴ Martínez Rubiano, M. (2015). *La construcción del conocimiento científico del riesgo de desastre; epistemología, teorías y metodología de los estudios desde una perspectiva geográfica*. Bogotá.

⁵ Servicios y Proyectos del EBRO S.A. (2011). *Elaboración de los mapas de susceptibilidad de movimientos de ladera, colapsos, vientos fuertes e inundaciones esporádicas en Aragón*.

la identificación y mitigación de riesgos⁶ . En el primero, se analizó la ocurrencia temporal de movimientos en masa y el papel desempeñado por los factores desencadenantes, mientras que en el segundo se elaboró un manual para el reconocimiento y caracterización de estos procesos y finalmente en el tercero, se desarrollaron técnicas de cartografía de susceptibilidad. Los tres se centraron en el adelanto de métodos para calcular y minimizar el riesgo, en este sentido, el proyecto GETS (programa TMR de la Comisión Europea), ha extendido una metodología para incorporar el análisis del riesgo por deslizamientos en estudios de impacto ambiental, cabe resaltar que estos proyectos son a gran escala, debido a su financiación y ubicación geográfica.

En Latinoamérica, los mexicanos Borja y Alcántara, han desarrollado el estudio titulado Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla, México⁷. Tesis fundamentada en el análisis de inestabilidad de las laderas y su interacción con elementos como el relieve, humedad y características de materiales del suelo, para ello se utiliza un índice de estabilidad y un Modelo Digital de Elevaciones (DEM), a través del uso de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En Colombia, los fenómenos de remoción en masa son causantes de daños y desastres, esto debido a aspectos geográficos, geológicos y de relieve, que influenciados por condiciones climáticas hacen que el país, sea proclive a amenazas naturales; precisamente haciendo alusión a ello, Omar Cardona Arboleda comenta “Lo abrupto de sus regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y meteorológicos como la lluvia, los vientos y cambios de temperatura característicos de condiciones climáticas del trópico, han hecho que Colombia sea altamente propensa a acción de eventos severos de erosión, deslizamientos, aludes

⁶ Pico, J. B. (2006). *Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos*. Santander.

⁷ Ayala, R. C.-I. (2004). *Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. Puebla - Mexico*.

e inundaciones, debido a que la mayor parte de la población se encuentra asentada en centros urbanos localizados en zonas de amenaza”⁸.

Varias Instituciones, entre ellas el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y las corporaciones Autónomas Regionales (CAR), se han encargado de liderar investigaciones en cuanto al tema de la amenaza por fenómenos de remoción en masa. Así, el SGC, entidad con vasta experiencia en el manejo de las amenazas geoambientales, ha desarrollado proyectos en algunos municipios del territorio nacional, entre ellos, “Zonificación de amenazas por deslizamientos en el casco urbano del municipio de Dolores, Tolima”⁹. Trabajo orientado en identificación de amenazas aplicando métodos empíricos mediante la asignación al terreno de probabilidades de ocurrencia de un deslizamiento. Su evaluación se efectúa directamente en campo y a criterio de especialistas, quienes, por su experiencia, definen la susceptibilidad de las laderas a generación de movimientos en masa, con base en algunos factores detonantes en función de ciertas variables geoambientales.

En el ámbito Nacional se resalta el aporte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cual favorece la investigación de fenómenos de remoción en masa a través del desarrollo del estudio “Modelo para el pronóstico de la amenaza en tiempo real”¹⁰. Metodología aplicada y desarrollada por la entidad en la definición de técnicas que permiten identificar la susceptibilidad del terreno a fenómenos de remoción en masa y equiparar la amenaza a partir de análisis de variables climáticas específicamente las lluvias críticas como factor detonante de deslizamientos, su significado radica en que el modelo es capaz de establecer espacial y temporalmente de manera temprana la amenaza, permitiendo tomar

⁸ Omar Cardona Arboleda, r. p. (1994). *VIVIENDO EN RIESGO: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*. tercer mundo editores.

⁹ Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS. (2003). *Zonificación de la amenaza por deslizamientos del casco urbano del Municipio de Dolores Tolima*. Bogotá.

¹⁰ Instituto de hidrogeología, meteorología y estudios ambientales IDEAM. (2002). *Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real*. Simposio Latinoamericano de control de la erosión. Bogotá.

decisiones rápidas y confiables en aquellas áreas con fuerte tendencia a desencadenar desastres.

La Institución de cooperación técnica alemana (GTZ), La Alcaldía y La Secretaría del medio ambiente del Municipio de Villavicencio, ejecutaron el proyecto “Manejo de los recursos naturales en la cuenca alta del río Guatiquía”, trabajo base para la elaboración de “La guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa”. Cuyos objetivos se encuentran enfocados a desarrollar metodologías de zonificación, aplicadas a cuencas hidrográficas de escalas medias. La información plasmada incluye aspectos de orientación a tomadores de decisiones para la planificación de proyectos, conocimientos de fenómenos en masa, alcances y beneficios de tecnologías aplicadas en este tipo de estudios, alternativas para el desarrollo cartográfico de parámetros del terreno y orientación al lector en la aplicación de métodos de análisis y modelamiento de variables para la zonificación de la susceptibilidad y amenaza¹¹.

A nivel local son pocos los estudios realizados que involucren la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, por ello entidades del orden departamental y municipal como la oficina para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático del departamento del Cesar, resalta la importancia de la realización de este tipo de investigaciones.

Como antecedente local, se señalan monografías y proyectos desarrollados como trabajo de grado por parte de profesionales de instituciones académicas entre ellas La Universidad Popular del Cesar y la Fundación Universitaria del Área Andina en algunos municipios del departamento, como ejemplo de ello el proyecto titulado "Análisis Y zonificación de áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa en el casco urbano de Manaure, departamento Del Cesar"¹², trabajo de grado que consistió en determinar los riesgos por procesos de remoción en masas en el casco urbano del municipio de Manaure correspondiente a la subregión norte del

¹¹ Vargas Cuervo, G., & Cooperación Colombo-Alemana. (1999). *Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa*. Villavicencio: GTZ.

¹² Araujo, C. D. (2017). *Análisis Y zonificación de áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa en el casco urbano de Manaure, departamento Del Cesar*. Valledupar.

departamento del Cesar; otro proyecto destacado fue "Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en el departamento del Cesar"¹³, el cual tuvo como objetivo identificar las zonas más susceptibles a deslizamientos en el departamento y de esta forma clasificar los territorios por zonas de acuerdo a la susceptibilidad a deslizamientos.

4.5.1.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El corregimiento de San José de Oriente, se encuentra localizado al norte del territorio colombiano y al nororiente del departamento del Cesar y el municipio de La Paz.

La División político-administrativa del corregimiento de San José de Oriente, se indica en la tabla 2.

Tabla 2. División político administrativa del corregimiento de San José de Oriente

MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	UBICACIÓN GEOGRAFICA	COORDENADAS		VEREDAS
			X (este)	Y (norte)	
La Paz	San José de Oriente	Norte	1115168,94	1636402,08	Casco poblado de San José de Oriente
		Sur	1118326,68	1625459,44	Las Nubes
		Este	1127268,38	1635339,08	La Frontera
		Oeste	1107008,86	1633025,49	Caracolí hueco

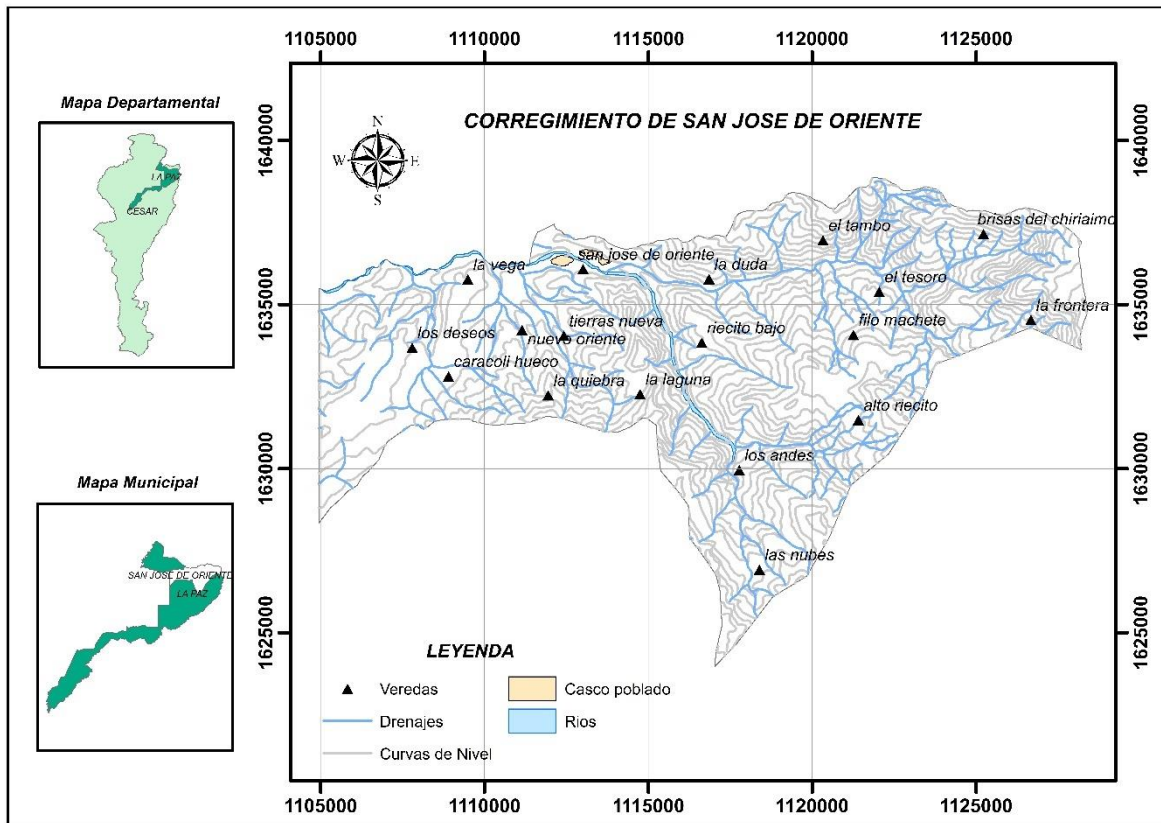
Fuente: Autor.

Posee una extensión de 15.611,55 hectáreas, la zona de estudio comprende una franja altitudinal desde los 533 m.s.n.m. ubicada sobre la cuenca baja del río Chiriamo (límite noroeste), hasta los 3.600 m.s.n.m., ubicado en la parte alta de las veredas Brisas del Chiriamo y la Frontera (límite noreste) como se muestra en la figura 2. Los límites hidrológicos del área de estudio se definieron de la siguiente manera: Hacia el norte limita sobre la cuenca del río Chiriamo aguas abajo hasta su confluencia con el río Riecito sobre los 650 m.s.n.m. Al sur con la quebrada La

¹³ Castro, G. (2016). Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en el departamento del Cesar. Valledupar.

montaña desde su nacimiento sobre los 2800 m.s.n.m., hasta su unión con el río Riecito. Al este hacia la zona de los páramos tomando la franja altitudinal de los 3.600 m.s.n.m. Al oeste sobre el arroyo Salado aguas abajo hasta su intercepción con el río Chiriaimo sobre la cota de los 850 m.s.n.m.

Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Autor.

4.5.2. MARCO TEÓRICO

Dado que la mira central de este proyecto es la zonificación de las áreas del corregimiento de San José de Oriente susceptibles a fenómenos de remoción en masa, es necesario plantear las bases teóricas en las que se fundamentan las técnicas y herramientas utilizadas para llevar a cabo este proyecto.

El método de Mora-Vahrson, nos permite realizar un análisis a priori de áreas extensas bajo amenaza de deslizamientos, utilizando indicadores

morfodinámicos¹⁴, tales como el relieve relativo, la litología, la humedad del suelo, la sismicidad y la lluvia, todo esto definido por índices de influencia para cada área, que pueden ser trabajados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), para obtener un mapa de potencial a deslizamientos.

La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo del movimiento, por lo que, de manera general, se dividen en caídas o desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos¹⁵.

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura. Con frecuencia, la formación de grietas transversales es la primera señal de la ocurrencia de este tipo de movimientos, las cuales se localizan en la zona que ocupará el escarpe principal. La superficie de ruptura define el tipo de deslizamiento, por lo que las superficies curvas, cóncavas o en forma de cuchara se asocian a deslizamientos rotacionales, las superficies de ruptura semi-planas u onduladas a los movimientos traslacionales y las superficies planas a los deslizamientos planos¹⁶. Pueden ser originados por dos tipos de factores, los desencadenantes, los cuales son: sismicidad y precipitación y los condicionantes, geología, pendiente y humedad.

Los desprendimientos o caídas, son los movimientos en caída libre de distintos materiales tales como rocas, detritos o suelos, este tipo de movimiento se origina por el desprendimiento del material de una superficie inclinada, el cual puede rebotar, rodar, deslizarse o fluir ladera abajo posteriormente.

¹⁴ Carranco, A. (2013). *Modelo de determinación a priori de amenaza de deslizamientos en grandes áreas utilizando indicadores morfodinámicos por el método MÉTODO DE MORA-VAHRSON*.

¹⁵ EPOCH. (1993). *The Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community*. Reino Unido: Flageollet.

¹⁶ Alcántara Ayala, I. (2000). *Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología*. SciELO Analytics.

Los vuelcos o desplomes consisten en la rotación de una masa de suelo, detritos o roca en torno a un eje o pivote determinado por su centro de gravedad. Su movimiento es hacia adelante o hacia la parte externa, por lo cual involucra inclinación o basculamiento, pero no implica colapsamiento, frecuentemente ocurren en una o más superficies, en materiales que poseen un sistema de discontinuidades preferencial como diaclasas, grietas de tensión o superficies columnares. Se clasifican en vuelcos o desplome de rocas, de derrubios o detritos y de suelos¹⁷.

A la hora de zonificar las áreas susceptibles al fenómeno antes mencionado, la herramienta más adecuada para el trabajo es el Sistema de Posicionamiento Global o GPS por sus siglas en inglés, el cual toma como base la observación o recepción de señales de radiofrecuencia procedentes de satélites artificiales de diferentes constelaciones internacionales¹⁸. El inicio de esta idea se remonta al lanzamiento del primer satélite artificial de la tierra (Sputnik I) en el año 1957, ya que, con el análisis de las señales recibidas por este, se podía determinar la órbita del mismo¹⁹. Esta herramienta juega un papel muy importante debido a su función orientadora, logrando así una gran precisión.

Para recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir la información geográfica recolectada, se utiliza una plataforma creada por ESRI, una empresa fundada por Jack Dangermond en 1969 dedicada al desarrollo y comercialización de software para sistema de información geográfica llamada ArcGIS²⁰, la cual permite convertir esta información en mapas, los cuales son piezas claves en este proyecto ya que son los que permitirán indicar las áreas susceptibles a los

¹⁷ Alcántara Ayala, I. (2000). *Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología*. SciELO Analytics.

¹⁸ Núñez García, A. (1992). *Teoría del GPS*. En *La nueva era de la topografía*.

¹⁹ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.). INEGI. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/gps.aspx?dv=c1>

²⁰ esri. (s.f.). ArcGIS. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/home/>

fenómenos de remoción en masa y así tener un panorama claro y específico de las zonas en el corregimiento de San José de Oriente que pueden correr este riesgo.

4.6. METODOLOGÍA

Este proyecto cuenta con una metodología mixta, ya que abarca variables cualitativas y cuantitativas, en la parte cualitativa se trabajan aspectos observables y medibles en la realidad²¹, como son cartografía geológica básica de la zona, geomorfología e hidrogeología del área de estudio y el enfoque cuantitativo hace referencia a los porcentajes, de las diferentes evaluaciones que definieron el nivel de riesgo en cada escenario presente.

De acuerdo con el método Mora-Vahrson se establecieron tres (3) fases en este proyecto para lograr los objetivos planteados, la primera (1) corresponde a la fase de documentación bibliográfica, la segunda (2) constó de las visitas a campos que se realizaron los días jueves y viernes de cada semana durante tres meses aproximadamente y la tercera (3) es la fase final donde se analizó la información y de esta manera se obtuvo un resultado que sirvió para concluir con el proyecto y hacer la respectiva entrega y sustentación a las partes interesadas.

La primera fase del proyecto consistió inicialmente en la compilación, análisis y evaluación de la información geocientífica documental (publicaciones, informes o tesis) y cartográfica (mapas, imágenes satelitales de Google Earth, fotografías aéreas) disponible. Con la información compilada en la tabla 3 se realizó un informe diagnóstico que permitió conocer el estado actual del área confluyente a la zona de estudio.

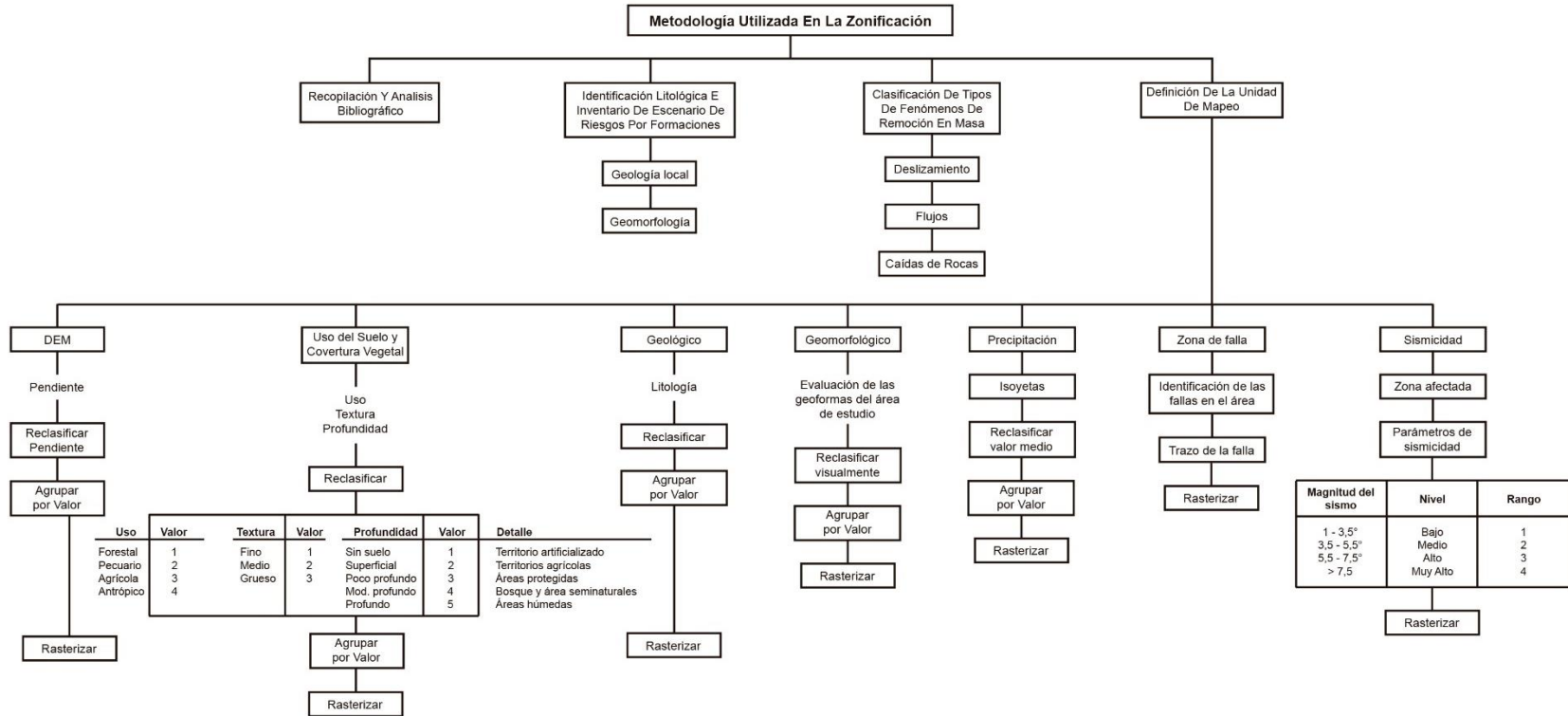
La fotointerpretación fue realizada sobre las fotografías aéreas de los vuelos (C-2435-11 y C-2435-12), obteniendo un bosquejo geológico del área a estudiar donde se identificaron las principales unidades geomorfológicas y litológicas.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo con la metodología utilizada para la zonificación de áreas susceptibles por fenómenos de remoción en masa en el

²¹ Murcia, J. D. (s.f.). *Proyectos formulación y criterios de evaluación*. Alfaomega.

corregimiento de San José de Oriente y una tabla con la información bibliográfica manejada en este informe, donde se demuestra la seriedad y la ardua labor investigativa que tuvo el proyecto durante su ejecución.

Figura 3. Metodología para la valoración de amenaza por fenómenos de remoción en masa, aplicando SIG y factores de análisis combinados y ponderados.



$$A1 = \%Pendiente + \%Uso\ del\ suelo\ y\ cobertura\ vegetal + \%Litología + \%Geomorfología + \%Precipitación + \%Zona\ de\ falla + \%Sismicidad$$

Fuente: Autor

Tabla 3. Información bibliográfica utilizada en la primera fase del informe.

TEM	TÍTULO	OBJETIVO GENERAL	AÑO
Tesis	APORTES PARA UNA PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL PARA EL ANTIGUO CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE GRAMALOTE, NORTE DE SANTANDER.	Identificar y definir elementos que coadyuven a la consolidación de un plan de manejo integral para el antiguo casco urbano o zonas de ruinas del municipio de Gramalote.	2012
Tesis	DESARROLLO, APLICACIÓN Y VALIDACION DE PROCEDIMIENTOS Y MODELOS PARA LA EVALUACION DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO DEBIDOS A PROCESOS GEOMORFOLOGICOS.	Identificar y evaluar todos los procesos geomorfológicos de la zona de estudio para generar un modelo de desarrollo y validación coherente que me ayude a minimizar el riesgo.	2006
Tesis	ZONACION DE SUSCEPTIBILIDAD POR PROCESOS DE REMOCION EN MASA EN LA CUENCA DEL RIO TARTAGAL, SALTA (ARGENTINA)	Elaborar un mapa de zonación de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en la cuenca del río Tartagal, Salta (ARGENTINA), mediante la utilización de técnicas de sensores remoto y SIG.	2013
Tesis	ZONIFICACION DE LA AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO DE EL TABLON DE GOMEZ DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	Zonificar la amenaza por fenómenos de remoción en masa, en el corregimiento de Las Mesas, municipio El Tablón de Gómez, departamento de Nariño.	2012
Tesis	MODELO DE DETERMINACION A PRIORI DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS EN GRANDES AREAS UTILIZANDO INDICADORES MORFODINAMICOS	Realizar un análisis a priori de áreas extensas bajo amenazas de deslizamiento, utilizando indicadores morfodinámicos (Mora & Vahrson 1993).	2013

Tesis	AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUARNE	Analizar, evaluar y mapificar los componentes para la identificación de riesgo por los fenómenos geológicos de movimientos en masa e inundación en la cabecera urbana del municipio de Guarne.	2014
Tesis	ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLOGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA - POBLADOS DE PAMPAMARCA Y ACOBAMBA, REGION HUANUCO	Analizar y determinar las áreas susceptibles a movimientos en masa en los poblados de Pampamarca y Acobamba; así como, proponer medidas de control y mitigación de los efectos causados por los movimientos en masa identificados.	2011
Tesis	ELABORACION DE LOS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA, COLAPSOS, VIENTOS FUERTES E INUNDACIONES ESPORADICAS EN ARAGON.	Elaborar mapas de susceptibilidad de fenómenos naturales correspondiente a movimientos de laderas, vientos fuertes e inundaciones esporádicas en el ámbito de la comunidad autónoma de Aragón.	2011
Tesis	EVALUACION DEL PELIGRO POR FENOMENOS DE REMOCION DE MASA Y SU APLICACIÓN A LA PLANIFICACION TERRITORIAL.	Contribuir al conocimiento de las relaciones entre los peligros por fenómenos de remoción en masa y la planificación territorial.	2006
Tesis	DETERMINACION DE AMENAZAS POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA, EN EL AREA PROPUESTA PARA CONSTRUCCION DE LA REPRESA RIO SANTIAGO.	Determinar las amenazas por fenómenos de remoción en masa para la construcción de la represa Río Santiago.	2016

Investigación	ZONIFICACION DE AMENAZAS POR REMOCION EN MASA, SECTOR LA NOHORA-MONTECARLO. RECOMENDACIONES AL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT).	Zonificar las areas de amenazas por remoción en masa en el sector la nohora-montecarlo y de esta manera hacer recomendaciones al plan de ordenamiento territorial (pot).	2015
Revista (boletín investigativo)	ESTUDIO GEOLOGICO PARA ENTENDER LOS PROCESOS DE REMOCION EN MASA EN LA REGION DE ZACAPOAXTLA, PUEBLA, MEXICO.	Identificar geológicamente la zona y así entender el comportamiento de los procesos de remoción en masa.	2007
Tesis	EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD Y CONSECUENCIAS POR DESLIZAMIENTOS EN LA CONEXIÓN VIAL ABURRA-RIO CAUCA ENTRE LAS ABSCISAS KM 4 Y KM 39.	Evaluar la vulnerabilidad y valorar las consecuencias económicas por deslizamientos en la vía conexión vial Aburra - rio Cauca entre las abscisas km 4 y km 39.	2012
Guía (SGC)	GUIA METODOLOGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA.	Mostrar los mecanismos y los modelos más apropiados para evaluar los diferentes escenarios de riesgo en el país.	2015
Tesis	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCION EN MASA CON BASE EN ANALISIS MULTIVARIADO: LA REGION DE ZAPOTITLAN DE MENDEZ, PUEBLA.	Evaluar mediante un análisis estadístico de multivariable, la susceptibilidad a movimientos de remoción en masa en la región del valle de Zapotitlán de Méndez, con base en la observación y caracterización de los deslizamientos ocurridos en el área y la relación que guardan con la geología, geomorfología y las condiciones geotécnicas del terreno, mostrando los resultados en mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la zona.	2008

Tesis	DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACION EN ARCGIS PARA PERMISOS DE ESTUDIO DEL RECURSO HIDRICO Y EVALUACION DE SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO, EN JURISDICCION DE LA OFICINA TERRITORIAL ZENUFANA, CORANTIOQUIA.	Diseñar un SIG, que permita agilizar la toma de decisiones en la evaluación de tramites ambientales y elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la jurisdicción Zenufana, Corantioquia.	2016
Tesis	METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE RIESGO EN CORREDORES VIALES.	Determinar los factores que definen la estabilidad de taludes ubicados en el corredor vial.	2011
Tesis	METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y ZONIFICACION DE PELIGRO DE REMOCIONES EN MASA CON APLICACIÓN EN QUEBRADA SAN RAMON, SANTIAGO ORIENTE, REGION METROPOLITANA.	Desarrollar una metodología para la evaluación de peligro geológico de remociones en masa, que sea aplicable en distintas condiciones geológicas y geográficas.	2007
Tesis	ZONAS DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA Y OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS SECTOR ALTOS DE LA ESTANCIA LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR.	Realizar investigación sobre la problemática presentada en la carbonera, de los procesos de remoción en masa y las obras que se ejecutan para mitigar este fenómeno.	2015
Investigación	MODELO PARA EL PRONOSTICO DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO EN TIEMPO REAL.	Describir el proceso de automatización, captura y tratamiento de información generada por el modelo de susceptibilidad del terreno, la lluvia detonante, la salida de productos y sus aplicaciones para los diferentes sectores del país.	2002

Investigación	MODELO DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASA EN EL EJE CAFETERO, COLOMBIA.	Generar un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, a partir del estudio de variables que intervienen en su dinámica y desarrollo.	2003
Tesis	ESTUDIO DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA, MUNICIPIO DE LA CAPILLA, BOYACA.	Determinar la amenaza actual por fenómenos de remoción en masa y diseñar un plan de mitigación y monitoreo para garantizar la estabilidad local del área de estudio.	2013
Investigación	APLICACIÓN DEL MODELAMIENTO CON SIG Y GEOSLOPE EN EL DIAGNOSTICO DE LA AMENAZA POR PROCESOS DE REMOCION EN MASA, EN EL SO DE LA MESETA DE BUCARAMANGA.	Aplicar un modelo con SIG y GEOSLOPE en el diagnóstico de la amenaza por remoción en masa, en el SO de la meseta de Bucaramanga.	2007
Tesis	SEGUIMIENTO A ESCENARIOS DE REMOCION EN MASA VEREDA CORRAL VIEJO Y CORREGIMIENTO ASPASICA CON EL FIN DE ACTUALIZAR LA INFORMACION TECNICA DEL PLAN MUNICIPAL DE LA GESTION DEL RIESGO DE LA PLAYA DE BELEN NORTE DE SANTANDER.	Realizar seguimiento a escenarios de remoción en masa vereda Corral Viejo y corregimiento Aspasica con el fin de actualizar la información técnica del plan municipal de la gestión del riesgo de la Playa de Belén, Norte de Santander.	2012
Tesis	EVALUACION Y ZONIFICACION DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZAS / PELIGROS POR FENOMENOS DE REMOCON EN MASA EN EL CANTON PALLATANGA, ESCALA 1:50000.	Evaluar la susceptibilidad y amenaza / peligro del cantón Pallatanga debido a fenómenos de remoción en masa.	2014
Libro	VIVIENDO EN RIESGO: COMUNIDADES VULNERABLES Y PREVENCION DE DESASTRES EN AMERICA LATINA.	Dar a conocer los riesgos que se pueden presentar en las comunidades y la manera de evaluarlos de manera correcta.	2012

Tesis	ZONIFICACION DE AMENAZAS POR PROCESOS DE REMOCION EN MASA EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS BOLO Y FRAILE, VALLE DEL CAUCA.	Determinar el grado de degradación de la cuenca de los ríos Bolo y Fraile, mediante el estudio de las variables ambientales y la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por fenómenos de remoción en masa.	2010
Cartografía geológica de Colombia	PLANCHAS 27, 34 Y 35.	Conocer el estado de la cartografía en esta zona del país con el objetivo de poder identificar las diferentes litologías presentes en el área.	2010
Fotografías aéreas	VUELOS (C-2435-11 y C-2435-12).	Obtener un bosquejo geológico del área a estudiar donde se identificaron las principales unidades geomorfológicas y litológicas, así como las estructuras que las estaban afectando.	2017
Plan de riesgo departamental	PLAN DEPARTAMENTAL DE GESTION DEL RIESGO (CESAR).	Conocer los efectos de los desastres que se pueden presentar por fenómenos naturales en el Cesar y de esta manera generar estrategias en gestión del riesgo que me mitiguen esos impactos.	2015
Libro	GEOMORFOLOGIA (MATEO GUTIERREZ ELORZA)	Proporcionar las claves al alumno para la comprensión de la génesis del relieve, de su organización y de su tipología guiada por las diferentes condiciones bioclimáticas. Aporta los conceptos básicos que permiten conocer, identificar, cartografiar e interpretar las distintas formas que articulan la superficie terrestre y hace una valoración de la influencia de los procesos geológicos externos en la actividad humana.	2008

Libro	GEOMORFOLOGIA CLIMATICA (MATEO GUTIERREZ ELORZA)	proporcionar una visión global de los procesos geomorfológicos y de los modelados resultantes. Consta de 25 capítulos divididos en ocho partes que tratan de: Geomorfología de las zonas glaciares, peris glaciares, áridas, eólica, aplicada a las zonas áridas, de las zonas tropicales, y cambio climático.	2001
Libro	GEOMORFOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO.	Mostrar los cambios en la geomorfología producto del cambio climático y la manera cómo podemos mitigar esta problemática mundial.	2009

Fuente: Autor

La fase numero dos corresponde a una serie de visitas a campo donde se identificaron las litologías presentes en el área, se determinaron los tipos de fenómenos de remoción en masa que comúnmente afectan la zona de estudio y se realizó el inventario de escenarios latente de riesgo, donde se localizaron los puntos críticos que tiene el corregimiento de San José de Oriente y se registraron las formaciones geológicas más susceptibles a fenómenos de remoción en masa.

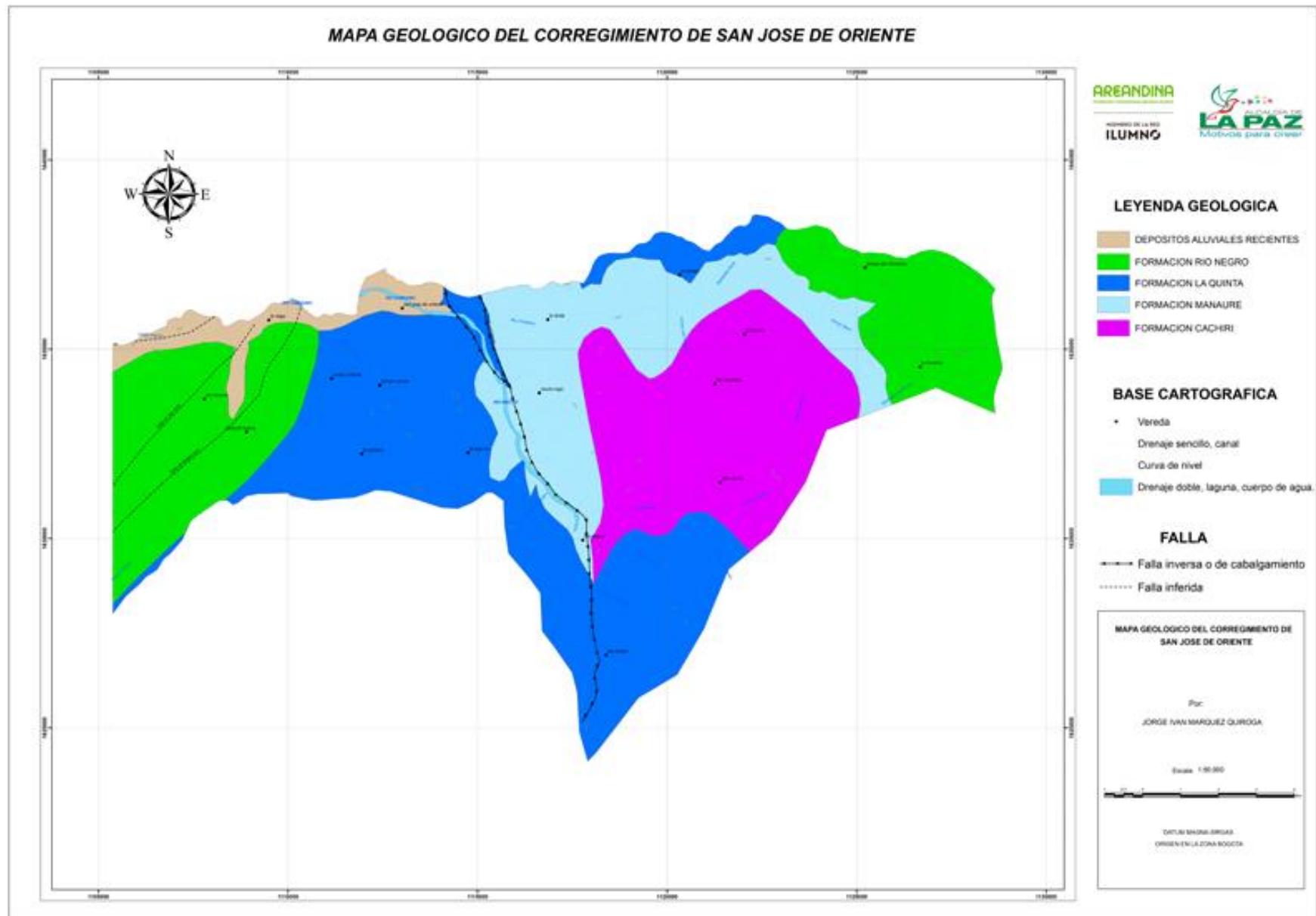
4.6.1 GEOLOGÍA

En el área de estudio afloran rocas ígneas y sedimentarias como un mosaico alargado de cuerpos rocosos, unidades que van desde el paleozoico, mesozoico y cenozoico²², cabe aclarar que en este proyecto algunas litologías no se pudieron determinar directamente en campo por problemas de orden social interno y porque la prioridad era analizar las formaciones donde se estuvieran presentando fenómenos por remoción en masa.

La descripción de las unidades de roca se realiza en orden cronológico, desde la más antigua hasta la más reciente, en ella se describen las características litológicas más representativas como se muestra en la figura 4. La nomenclatura sobre la cual definiremos las unidades asociadas a las formaciones correspondientes, será la establecida por el servicio geológico colombiano.

²² EOT. (2013). *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de La Paz, Cesar. La Paz.*

Figura 4. Mapa geológico del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

4.6.1.1 FORMACIÓN MANAURE (P3p-c)

Se trata de una sucesión de interposiciones de arenitas, margas y paquetes de calizas tipo packestone y grainstone como se puede observar en la figura 5²³, a nivel local se observan pequeñas capas de limolitas silíceas aflorando sobre el río Chiriaimo a lo largo de la vereda La Duda. Las arenitas en general son de grano medio y color gris claro, se encuentran en capas tabulares con contacto localmente ondulados, y se evidencian sobre la vía que comunica a las veredas Riecito Bajo y Las Nubes, hacia el norte del corregimiento, en la vereda El tambo es frecuente encontrar arenitas y margas en láminas medianas y delgadas.

Las rocas que más predominan en esta formación son calizas, de la muestra analizada el 15% está compuesta de granos de arenas y arcilla, mientras que el 85% de calcita en la roca.

Figura 5. Capas masivas de calizas con textura mudstone y wackestone.



Fuente: Esquema de ordenamiento territorial del Municipio de La Paz

²³ INGEOMINAS. (2010). *Cartografía geológica y muestreo geoquímico de la parte norte de la Serranía el Perija, planchas 21, 22, 27, 28, 34 Y 35. Bogotá.*

4.6.1.2 FORMACIÓN LA QUINTA (Jrq)

La formación La Quinta presenta una variabilidad en cuanto a los tipos de rocas que la constituyen, como son: una secuencia volcánica, una parte vulcano-sedimentaria y una sedimentaria²⁴.

En la zona que fue escogida para estudios con fines académicos encontramos la secuencia sedimentaria de la formación La Quinta que corresponde a limolitas de coloración rojas a marrón, ocasionalmente arenosas, con ciertos niveles conglomeráticos, estratificación inclinada, cruzada y lentes de limolita gris verdosos (Ver Fig. 6). La muestra tomada en campo presentó un porcentaje de matriz del 80% y elementos silíceos del 20%.

Figura 6. Afloramiento de areniscas rojizas con intercalaciones de limolitas gris verdosas con coordenadas 1634515 m.N y 1112200 m.E



Fuente: Autor.

²⁴ UIS, grupo de investigación en geología de hidrocarburos y carbones. (s.f.). *Inventario interpretación y evaluación integral de la información geológica, geofísica y geoquímica de la cuenca Cesar - Ranchería y el área especial Cesar. Bucaramanga.*

Se pudo constatar que la Formación La Quinta aflora en ambos lados del Arroyo Seco específicamente en el recorrido que este hace por la región Cerro El Tesoro, macroscópicamente esta unidad presenta un color rojizo, con estratificación paralela con algo de laminación plano paralela, no paralela y ondulada, ocasionalmente se forma estratificación cruzada en un nivel de arenisca (Ver Fig. 6), con lentes de limolitas gris verdosos, se evidencian en paredes abruptas, con buzamientos similares en ambos lados, las cuales muestran geometría tabular a subtabular, de tamaño mediano a grueso.

Indicadores de estructuras sedimentarias como:

- Estratificación tabular, cruzada, plana.
- Laminación ondulosa, paralela,
- Tamaño de granos como lodo, arena y la presencia ocasional de conglomerados.

indican que la Formación La Quinta se originó en una planicie aluvial, con ocurrencia de zonas pantanosas.

4.6.1.3 FORMACIÓN RIONEGRO (Kir)

Teniendo en cuenta criterios geológicos como: ambiente climático, erosión, topografía, patrón de drenaje, tonalidades típicas y composición de las rocas, se determinó que esta unidad pertenece a la formación Rio Negro.

Los afloramientos más relevantes de esta unidad se encuentran hacia el norte de la vereda La Frontera, por donde el río Chiriamo hace presencia, macroscópicamente esta unidad presenta un color gris mediano a claro producto del alto contenido de sílice, estratificaciones cruzadas, y capas de arenas medianamente compactadas.

Esta unidad se encuentra distribuida hacia la parte nor - este y oeste de la zona de estudio, abarcando casi un 20% del área con una forma irregular. El contacto inferior con respecto a la Formación La Quinta es discordante, como se observa en el esquema estratigráfico de la Figura 9.

El afloramiento que se puede observar en la Figura 8 está ubicado en las coordenadas E: 1125800, N: 1636178; es una arenisca arcósica, de color gris oscuro y en algunas partes un poco más claro, de grano medio a fino, con matriz arenosa, no cementada, buen calibrado, granos subangulares a subredondeados, con empaquetamiento completo.

Figura 7. Afloramiento Formación Río Negro.



Fuente: Autor.

Figura 8. Esquema columna estratigráfica local.



Fuente: Autor.

4.6.1.4 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES (Qal)

Los depósitos cuaternarios dentro del área de estudio se localizan en una sección de la parte Nor-oeste. Estos depósitos corresponden a los sedimentos más recientes arrastrados y depositados por el flujo de las corrientes del río Chiraimo y de algunos drenajes que desembocan en este.

Estos sedimentos se caracterizan por presentar una granulometría compuesta en su base por conglomerados de tamaño bloque con un espesor aproximado de 2,5m y ascendiendo hacia el techo de partículas finas correspondientes a arenas y limos con espesor de 2 m. Su composición es posiblemente derivada de rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias.

Figura 9. Terrazas aluviales.

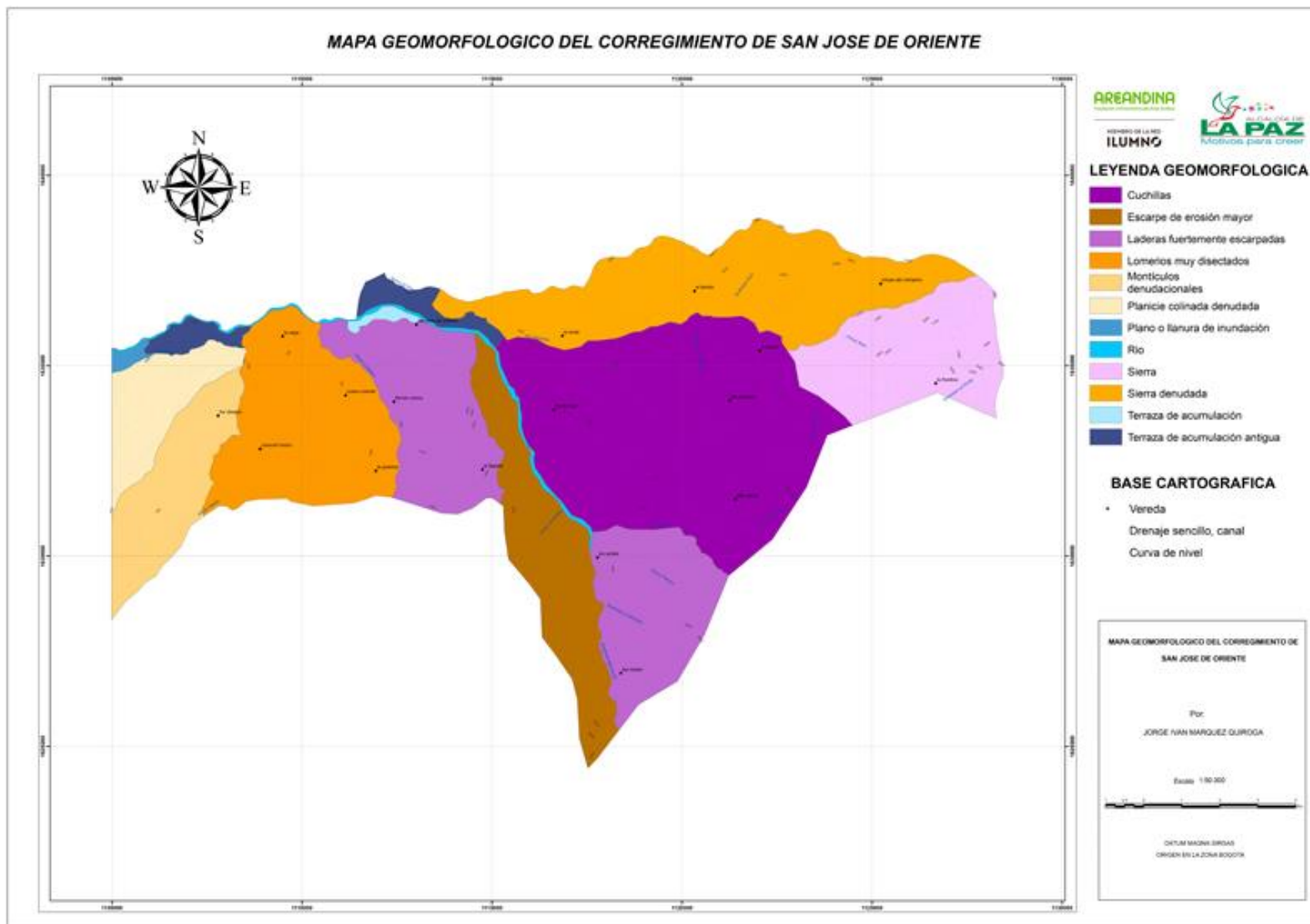


Fuente: Autor.

4.6.2 GEOMORFOLOGÍA

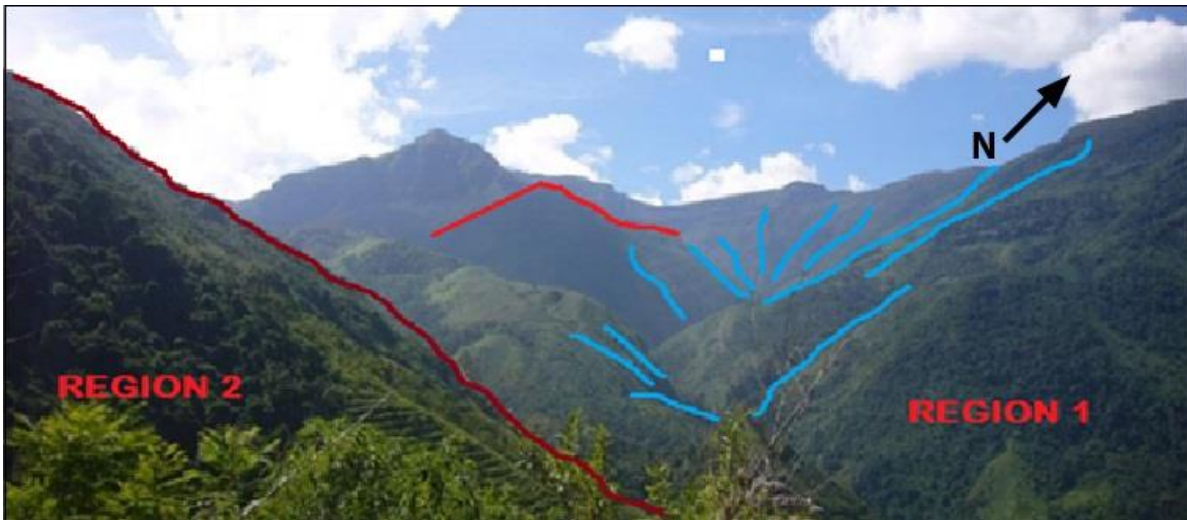
De acuerdo a la fotointerpretación realizada, la cual fue corroborada en campo se pudieron determinar los rasgos geomorfológicos característicos y diferentes geoformas de la zona, dando como resultado final el mapa geomorfológico de la zona de estudio.

Figura 10. Mapa geomorfológico del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

Figura 11: Rasgos geomorfológicos de la zona de estudio.



Fuente: Autor.

Región 1. Se encuentra comprendida al este de la zona de estudio, se caracteriza por presentar una topografía alta, con drenajes paralelos y subparalelos, característicos de rocas sedimentarias silíceas como areniscas; con pendientes de $45^\circ - 60^\circ$ grados y frente abrupto. Esta zona se caracteriza además por presentar valles en V generados por la incisión del agua de escorrentía presentes en las microcuencas de drenaje. Exhibe además un ambiente climático frío que va desde los 2000 hasta los 3500 metros sobre el nivel del mar sus temperaturas van desde los 8 hasta los 16 grados centígrados.

A lo largo de esta región se observaron varios niveles de terrazas de arenas producto del gran aporte de sedimento y la erosión lateral que el río Chiraimo y Riecito tienen sobre las áreas cercanas a este, otros de los aspectos importantes es la continua caída de bloques que se puede ver a lo largo del afluente, consecuencia de las extensas paredes abruptas y el alto fracturamiento en el que estas se encuentran.

Las principales geoformas que se pueden encontrar en esta zona son:

- Sierra denudada: corresponde a prominencias topográficas de morfología montañosa, con índice de relieve de moderado a alto, con alturas entre los 500 y 3200 m.s.n.m; caracterizada por topes alargados, subangulares; las

laderas tienen inclinaciones muy abruptas a escarpadas y longitudes predominantemente largas, de forma irregular; donde prevalecen los procesos de meteorización intensa en unidades como la formación Manaure y Rio negro.

- Sierra residual: prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada, entre 700 y 2800 m de altura; con laderas largas de hasta 8 km de longitud, sobre esta unidad geomorfológica se registraron alrededor de 17 deslizamientos traslacionales, producto de laderas escarpadas y la alta meteorización que presenta la zona.
- Unidad de Cuchillas: La unidad se caracteriza por presentar pendientes altas mayores a 50%, se encuentra en alturas entre 1700 a 3000 m.s.n.m, correspondiente a la zona nororiental del corregimiento, sobre los extremos de los ríos Riecito y Chiraimo, se definen cuchillas alargadas con dirección noroccidente, con la presencia de sistemas de drenaje dendrítico.

En esta unidad se observa la intervención antrópica del hombre, mediante el establecimiento de zonas de cultivo y viviendas, colonizando espacios de alta pendiente lo cual aumenta notoriamente la vulnerabilidad de la población frente a eventos de remoción en masa.

Región 2. Se encuentra comprendida hacia la parte sur de la zona de estudio, limitada al norte por el Río Riecito y la vereda Alto del Riecito, se caracteriza por presentar topografía abrupta hacia la parte sur disminuyendo progresivamente hacia el norte, la cual presenta drenajes dendríticos y pinados. Presenta una vegetación densa lo cual indica un ambiente climático templado que va desde los 1200 hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar, posee temperaturas entre los 16 a los 26 grados centígrados.

La unidad geomorfológica que se encuentra en esta región es:

- Laderas fuertemente escarpadas: esta unidad se localiza hacia el sur del corregimiento, comprende las veredas Los Andes, Las Nubes y el flanco derecho del río Riecito, su morfología obedece a laderas que configuran

pendientes complejas muy altas mayores a 100%, superando más de 45 grados de inclinación, y comprenden alturas entre 1600 a 2600 m.s.n.m.

Región 3. Se localiza al oeste del corregimiento de San José de Oriente, abarca las veredas de: La Laguna, Tierras nuevas, La Quiebra, Caracoli Hueco, Nuevo Oriente, Los Deseos, La Vega y el casco poblado de San José de Oriente.

Corresponde a la zona más baja del área de estudio, con una altura que va desde los 335 hasta los 1200 m.s.n.m., las geoformas presentes en esta región son:

- **Terraza de acumulación:** franja de terreno con índice de relieve bajo y pendiente suave; en el cual se presenta un grado de incisión leve, esta modelada sobre sedimentos aluviales, presentes en algunos tramos del río Chiriamo, desde la vereda La Duda hasta el casco poblado de San José de Oriente; presentan extensiones variables, que van desde 100 hasta 500 metros de ancho. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial de las antiguas llanuras de inundación del río.
- **Terraza de acumulación antigua:** esta unidad se caracteriza por ser superficies alomadas de hasta 2 km de longitud, las cuales presentan entre 5 y 10° de inclinación, limitada por escarpes cortos de altas pendientes; y conformadas en su mayoría por gravas y arenas. Estas geoformas se presentan al oeste de la vereda La Duda y el casco poblado de San José de Oriente por donde río Chiriamo hace su recorrido.
- **Lomeríos pocos disectados:** estas geoformas constituyen prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas planas de amplitud variable, laderas cortas a moderadas, pendientes inclinadas y un índice de relieve bajo, con alturas entre 700 y 1200 m. Presentan poco proceso de incisión y un sistema de drenajes subdendrítico a paralelo. Esta unidad puede encontrarse a lo largo las veredas La Quiebra, Nuevo Oriente y Caracoli Hueco.
- **Montículos:** unidad con morfología alomada, caracterizada por un índice de relieve bajo y un desarrollo de topes redondeados a subredondeados.

Presenta pendientes moderadas a inclinadas, y una longitud de laderas de 100 a 200 m.

Estas unidades se identifican al sur de la vereda Los deseos y al oeste de Caracoli Hueco.

- Plano o llanura de inundación: esta geoforma corresponde a una superficie de morfología plana, con relieve muy bajo que se inunda eventualmente durante periodos de lluvias intensas.

Esta unidad geomorfológica corresponde a un área pequeña que se encuentra limitando el corregimiento de San José de Oriente con Varas Blanca, relacionando directamente al río Chiriaimo por el recorrido que este realiza en ambas zonas.

4.6.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Las descripciones que se muestran a continuación se basan en las contenidas en la memoria geológica de la plancha 35 “Cartografía geológica y muestreo geoquímico de la parte norte de la sierra de Perijá” informe elaborado por INGEOMINAS en el 2010, y en aportes que se evidencian en el esquema de ordenamiento territorial del municipio de la paz; en este aparte se hace una breve descripción de las fallas que afectan las diferentes unidades litológicas reconocidas en el área del municipio y se puede evidenciar en la figura 4.

- Sistema de fallas NE – SW: En el corregimiento de San José de Oriente este sistema está compuesto por las fallas San José y Media luna.
En gran parte del corregimiento es difícil determinar el movimiento ya que afectan una sola unidad, y en algunos sitios la observación de las unidades geológicas sugiere un componente vertical y un movimiento dextral en sentido E-W²⁵.

²⁵ EOT. (2013). *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de La Paz, Cesar. La Paz.*

- Falla La Colonia: esta falla presenta una marcada expresión en superficie que puede verse claramente en fotografías aéreas e imágenes satelitales. Es una estructura tipo inversa que pone en contacto unidades paleozoicas con sedimentitas mesozoicas, haciendo que estas primeras cabalguen las últimas, tiene una longitud de aproximadamente 13 km en el corregimiento de San José de Oriente con tendencia dominante NNE-SSW²⁶.

4.6.4. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE

En el área de estudio se determinó la presencia de tres tipos básicos de fenómenos de remoción en masa: deslizamientos (traslacionales), flujos y caídas (roca).

El análisis en campo de cada fenómeno de remoción en masa inventariado como lo muestra la tabla 4, permitió la identificación de sus características principales entre ellas, la localización, descripción general, posibles factores detonantes, clasificación por tipo, elementos en riesgo, entre otros aspectos. Del proceso de identificación de cada movimiento en masa relacionado se describieron los de mayor relevancia en función de su representatividad, es decir, los más tangibles de cada movimiento, los cuales fueron identificados principalmente alrededor de cuencas hidrográficas, carreteras y en laderas de pendientes abruptas, y se encuentran ubicados en la figura 12.

Tabla 4. Inventario de fenómenos de remoción en masa clasificado por formaciones geológicas entre abril y octubre del 2017.

UNIDAD CARTOGRÁFICA	FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA		
	DESLIZAMIENTOS	FLUJO	CAÍDAS (roca)
Formación Manaure	8	0	6
Formación La Quinta	27	0	4
Formación Rio Negro	44	1	3
Formación Cachiri	1	0	0
Depósitos Aluviales	0	1	3
TOTAL	80	2	13

²⁶ Ujueta, G., & LLinas, R. (1990). Reconocimiento geológico de la parte más septentrional de la sierra de Perijá. Bogotá.

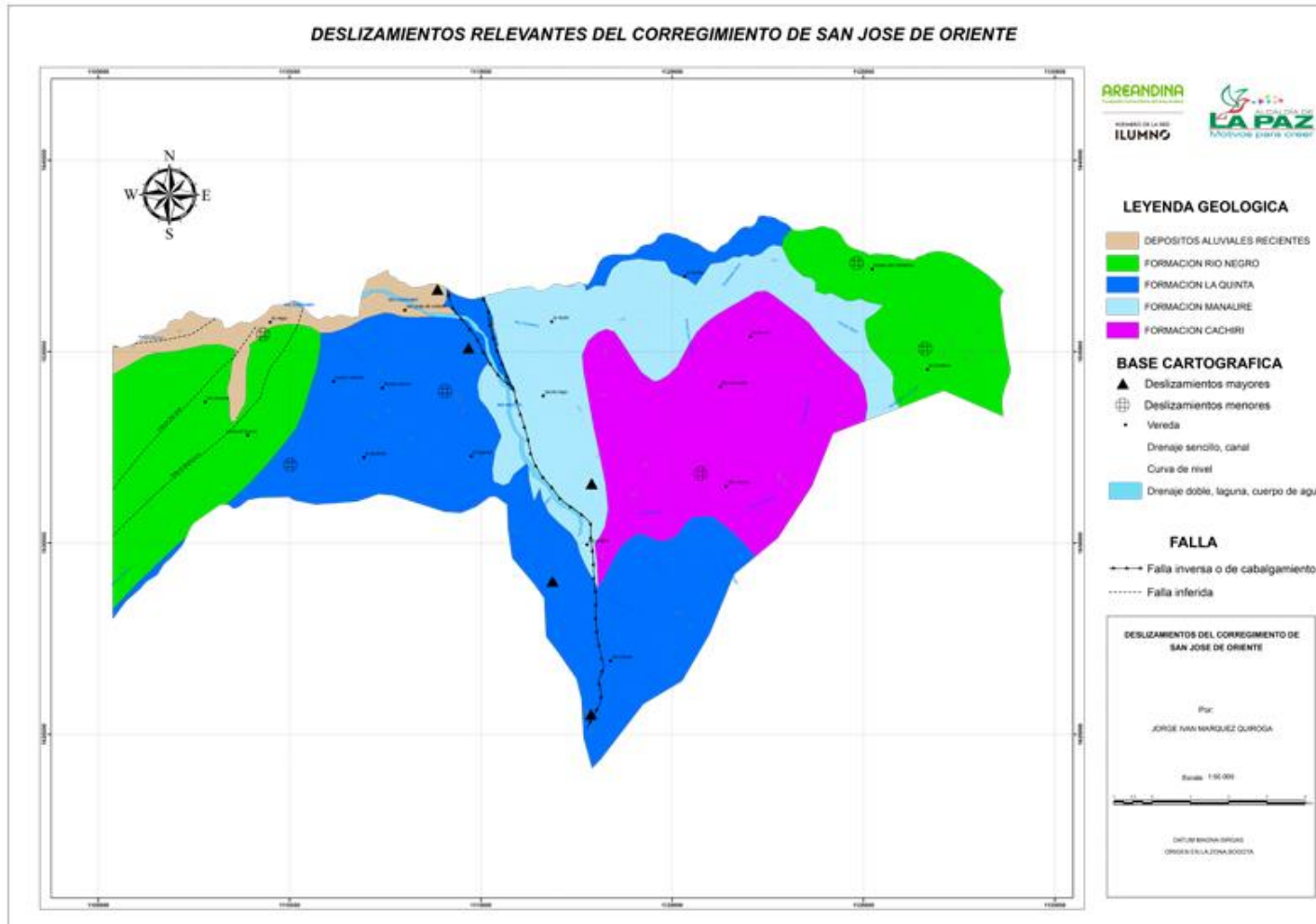
Fuente: Autor.

4.6.3.1. DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos se constituyen en el más común de los fenómenos de remoción en masa presentes en el área de estudio²⁷, el inventario indica un total de 95 eventos registrados como se muestra en la tabla 4, de los cuales 80 hacen alusión a deslizamientos, lo cual significa que el 84.2% de la zona se encuentra perturbada por este tipo de eventos, mientras que tan solo el 15.8% restante obedece al área alterada por flujos y caídas de roca.

²⁷ IDEAM. (2010). *Movimientos en masa dañinos ocurridos en Colombia durante el Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) 1999 - 2000*. Bogotá.

Figura 12. Mapa de deslizamientos relevantes del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES

Deslizamiento quebrada La Montaña: El deslizamiento se encuentra hacia el sur del área de estudio, específicamente en el sector de la vereda Las Nubes, a la altura de La Quebrada La Montaña, en las coordenadas UTM 719861 E y 1136664 N, a 2370 m.s.n.m., este movimiento afectó una superficie de remoción de 0,35 hectáreas y un perímetro de 150 metros aproximadamente.

El movimiento se considera como un deslizamiento activo, su morfología muestra una superficie de movimiento muy somera, corona controlada y articulada en planos de deslizamiento rectilíneos debido a la pendiente del terreno considerada como muy alta superior a 90%, su superficie se observa muy resbaladiza y lisa, aun cuando muestra curvaturas menores hacia la cicatriz de despegue, es evidente la presencia de cárcavas en su interior, que indican que la escorrentía superficial transporta parte del material removido y lo deposita en el fondo de la quebrada La Montaña²⁸. Los materiales predominantes en el deslizamiento son fragmentos de rocas de gran variedad de tamaños, entre ellos bloques superiores a 25 cm, sub-redondeados a angulares, el material encontrado muestra presencia de humedad debido a que el drenaje superficial es protagonista en todo el movimiento (Ver Fig. 13).

²⁸ Suarez Diaz, J. (s.f.). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de investigaciones sobre erosión y deslizamiento.*

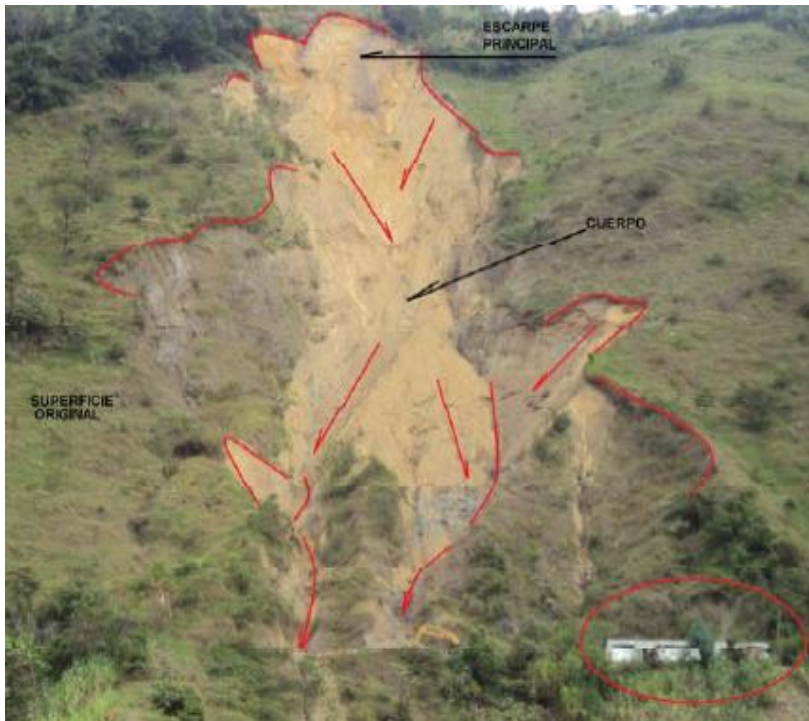
Figura 13. Deslizamiento traslacional vereda Las Nubes.



Fuente: Autor.

Deslizamiento en el sector de Brisas del Chiriaino: Este deslizamiento se encuentra localizado hacia la parte noreste del corregimiento, exactamente en la vereda Brisas del Chiriaino, sobre la Loma El Potrero en la coordenada UTM 723172 E y 1143043 N.

Figura 14. Deslizamiento traslacional, carretera Alto el Riecito – Brisas del Chiraimo.



Fuente: Autor.

En este deslizamiento se evidencia como viviendas se encuentran muy cercanas a la base del movimiento indicando amenaza inminente. Es evidente la actividad del movimiento y como la masa desplazada recibe aportes de material provenientes de pequeños deslizamientos que forman parte del principal (Ver Fig.14), en el cuerpo del movimiento existe presencia de material debilitado desprendido totalmente de la superficie original a la espera de ser transportado.

La situación en esta parte del corregimiento es preocupante ya que en grandes extensiones, laderas se encuentran agrietadas con una profundidad de hasta un metro y medio lo que facilita su colapso, se pudo determinar mediante las visitas técnicas a campos que los factores detonantes serían la inestabilidad de la ladera, la inclinación de la pendiente del terreno que en este caso supera el 50% alta a muy alta, el material de los suelos (arenas poco consolidadas y muy deleznable), la poca vegetación en el área circundante que evidencia cobertura de pastos que no poseen la capacidad suficiente de control puesto que no cuentan con raíces fuertes por lo tanto no actúan de manera eficaz en la retención de suelo, la presencia de

lluvias intensas en el momento del deslizamiento y el poder de socavamiento lateral ocasionado por el agua del arroyo seco, todo lo anteriormente mencionado hacen que se ejerzan presiones sobre la base del talud con consecuente desprendimiento del material debilitado.

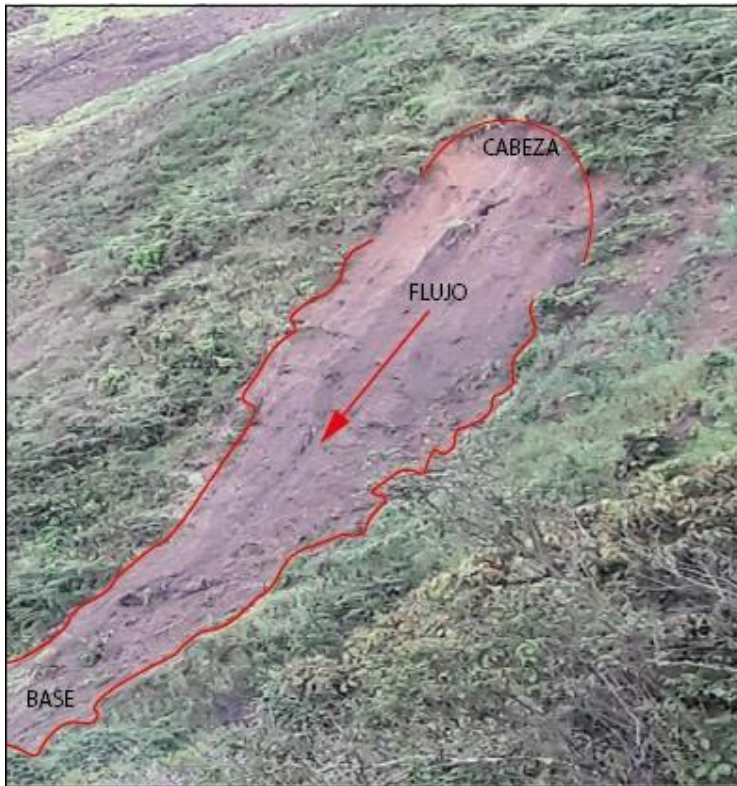
4.6.3.2 FLUJOS

Estos fenómenos no son tan frecuentes en la zona de estudio a comparación con los deslizamientos, pero fue posible evidenciar la presencia de un flujo de suelo o tierra el cual se describe a continuación.

Flujo de suelo o tierra: Se identifico un flujo de suelo o tierra, sobre la vía principal que de la vereda La Vega comunica con la vereda Los Deseos aproximadamente a 1 km de distancia de la escuela rural de esta última, el movimiento se compone de material de suelos blandos, poco permeables y moderadamente mojados específicamente hacia la base de la ladera (Ver Fig. 15).

El movimiento se presentó en la siguiente coordenada UTM 709559 E, 1142551 N, a 550 m.s.n.m. El flujo de suelo se asocia como consecuencia de la generación de un movimiento rotacional, que por combinación del material terreo principalmente arcilla y limos conjugado con la acción de la lluvia terminaron generando un flujo de material, el cual finaliza depositándose hacia la base de laderas moderadamente escarpadas, de pendiente mediana entre 30 y 50%.

Figura 15. Zona de origen y cuerpo del flujo de suelo, vereda Los Deseos.



Fuente: Autor.

4.6.3.3. CAÍDA DE ROCAS

Caída de rocas sobre la vía Alto el Riecito: Se identificó un fenómeno de caída de rocas, en las coordenadas UTM 722452 E, 1139689 N. El proceso inestable y activo se encuentra compuesto por areniscas muy fracturadas con características de alta disgregación de fragmentos irregulares, donde el desplazamiento del material se produce principalmente por caída libre de rocas desde el talud, condicionado por la pendiente alta, mayor a 80%, configurando un talud vertical del cual se desprenden de manera constante y repentina bloques de rocas de diámetros que oscilan entre 30 y 60 centímetros, que en algunos casos se rompen y fragmentan en el proceso de caída generando residuos más finos. La morfología del movimiento muestra una cicatriz alargada y medianamente cóncava, con bloques que se han deslizado pendiente abajo.

El área afectada se encuentra bastante desprovista de vegetación solo protegida por incipientes coberturas de rastrojos bajos y algunos árboles nativos, en el área

no se evidencia presencia de redes de drenaje. Se resalta que el mayor peligro y efectos que causa este movimiento se cierne sobre la población que a diario transita por esta vía principal.

Figura 16. Caída de rocas, vereda Alto el Riecito.



Fuente: Autor.

Figura 17. Caída de bloques, Vereda Cerro el Tesoro.



Fuente: Autor.

4.7 MODELO DE EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS.

La susceptibilidad expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones del terreno, es la propiedad que indica que tan favorable o desfavorable son las condiciones de este para que puedan ocurrir deslizamientos²⁹.

Como se explicó anteriormente, los deslizamientos son eventos que están sujetos a diferentes factores³⁰, por tanto, no se presenta una metodología clara y concisa establecida a nivel nacional para realizar evaluaciones, zonificaciones y mapas de susceptibilidad, solo se cuenta con una guía metodológica por parte del Servicio Geológico Colombiano que no es tan amplia.

²⁹ Suarez, J. (2008). Capítulo 13 "ZONIFICACION DE SUSCEPTIBILIDAD, AMENAZA Y RIESGO". Bucaramanga.

³⁰ Portilla Gamboa, M. E. (1999). Evaluación de la Amenaza por Deslizamiento en Málaga, Santander, aplicando la Metodología de los Conjuntos Difusos: Un Tema de Geología Ambiental. Geología Colombiana, volumen 24, 159-176.

Las metodologías para realizar análisis, mapas, evaluaciones de susceptibilidad, son diversas; estos métodos van desde explicativos, en donde la elección de las capas y los pesos de las mismas, quedan a criterio propio del profesional encargado del procedimiento hasta formas en los que algunos expertos han establecido una metodología que puede seguirse al pie. Para el desarrollo de esta evaluación de susceptibilidad, se decidió seguir la metodología establecida en el método Mora-Vahrson. Esta metodología fue elaborada en Costa Rica, por los autores Sergio Mora y Wilhem-Guenther Vahrson en el año 1991³¹; es aplicada principalmente en países centroamericanos, cabe aclarar que, aunque es aplicado principalmente en Centro América también ha sido adoptado por países suramericanos, que han decidido realizar estudios de susceptibilidad de deslizamientos con base en esta metodología, debido a que resulta sencillo, rápido y con buenos resultados.

La metodología Mora-Vahrson define que, para realizar evaluaciones, mapas, estudios, etc., sobre susceptibilidad de deslizamientos en diferentes áreas, es necesario clasificar los factores condicionantes y los factores detonantes de dichos procesos. Específicamente toma como los detonantes la sismicidad y las precipitaciones o la combinación de ambos, esto, debido a que la energía liberada por las fallas puede acelerar procesos de remoción en masa, así como también las precipitaciones con intensidad en un área; ya que, al filtrarse el agua en taludes y zonas de altas pendientes puede reducir la resistencia del material acelerando estos procesos de inestabilidad³². Así mismo, establece que, para realizar estudios de este tipo, se deben clasificar y escoger las variables que condicionan y las que detonan este tipo de eventos. Los factores escogidos para desarrollar el estudio aplicando esta metodología, son los que mayor influencia ejercen en la estabilidad de laderas, además, son muy sencillos de determinar tanto en campo como en oficina.

³¹ Mora Chinchilla, R. (2014). *Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. San José, Costa Rica.*

³² Pacheco, H., & Mujica, S. (2013). *Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. Caracas.*

4.8. FACTORES Y PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

Para este estudio se contó con información suministrada por ART (Agencia de Renovación del Territorio), además de información obtenida por entidades como: IDEAM, IGAC, CORPOCESAR entre otros.

La elección de las capas o mapas a usar se realizó considerando que los deslizamientos ocurren cuando se presenta una combinación de factores; es decir, cuando hay actores que condicionan al suceso. El libro “manual de taludes” realizado por un grupo de expertos en el tema, presenta qué factores pueden condicionar y pueden detonar deslizamientos. Otro gran aporte es el libro “deslizamientos” del autor Jaime Suarez, que en el capítulo 13 denominado “zonificación de susceptibilidad, amenaza y riesgo” explica claramente los aspectos que se deben tener en cuenta para realizar este tipo de estudios, con base a la información analizada y estudiada se decidió tomar en cuenta los siguientes factores:

- Geología.
- Geomorfología.
- Pendiente.
- Uso y cobertura de suelo (vegetación).
- Precipitación.
- Sismicidad.
- Zonas de fallas.

La fórmula usada para realizar la sumatoria de los mapas descritos anteriormente, es la expuesta por Mora-Vahrson en su metodología y representa lo siguiente:

$$S=(P*D)$$

Donde:

S= susceptibilidad

P= valor producto de la combinación de los parámetros o factores condicionantes

D= valor producto de los parámetros o factores detonantes.

Por tanto:

$$S=(PI*PII*PIII*PIV) * (DI*DII)^{33}$$

La tabla 5 muestra una explicación detallada de los factores implicados.

Tabla 5. Factores determinados para realizar el estudio.

<i>Factores condicionantes</i>	<i>Factores Detonantes</i>
PI= Geología (litología)	DI= Precipitación DII= Sismos
PII= Geomorfología (Unidades Geomorfológicas)	
PIII= Pendiente (Topografía y Relieve)	
PIV= Uso y Cobertura de suelo (Vegetación) PV= Fallas Geológicas	

Fuente: Este estudio

4.8.1. DESCRIPCIÓN DE FACTORES PARA ZONIFICAR LA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Al momento de realizar la zonificación del corregimiento a través del método Mora Vahrson, es necesario evaluar una serie de factores, para luego proceder a sumarlos y así obtener el mapa final de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa.

4.8.1.1. LITOLOGÍA

Los tipos de suelos y rocas juegan un papel importante en el comportamiento dinámico de las laderas. La composición mineralógica, el grado de meteorización, el estado de la roca, fracturamiento, el ángulo de buzamiento, la posición y variación de los niveles freáticos, etc. Influyen claramente en la estabilidad o inestabilidad de laderas³⁴.

³³ Carranco, A. (2013). *Modelo de determinación a priori de amenaza de deslizamientos en grandes áreas utilizando indicadores morfodinámicos, MÉTODO DE MORA-VAHRSON.*

³⁴ Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de rocas: fundamentos e ingeniería de taludes.*

Los tipos de rocas y suelos que afloran en la zona pudieron establecerse, mediante visitas a campo y revisión de información consignada en los expedientes que reposan en la oficina sobre estudios geológicos realizados por empresas y personas interesadas en implementar proyectos productivos en el corregimiento. Por medio de este trabajo se pudo analizar la condición en que se encuentran algunas formaciones que afloran en la región y teniendo en cuenta la información bibliográfica, se pudo establecer el valor que se le dio a cada litología. Es importante señalar, que las litologías descritas en este proyecto fueron correlacionadas y comparadas a su vez con mapas geológicos del Cesar elaborado por el Servicio Geológico Colombiano y otros autores, y con información registrada en memorias explicativas del departamento.

En esta región se distinguen fácilmente rocas sedimentarias³⁵. Dentro de las rocas aflorantes se tiene:

Tabla 6. Litología de la zona teniendo en cuenta la clasificación de Mora – Vahrson modificada.

Grupo Litológico	Litología
R. Sedimentarias	Conglomerados
	Areniscas
	Limolitas
	Lodolitas
	calizas
	Arenitas
	Margas
	Shales

Fuente: Este estudio

Después de tener identificada la litología de la zona se procedió a clasificar según el parámetro de susceptibilidad establecido por Mora & Vahrson, con el objetivo de determinar un rango de vulnerabilidad entre 1 a 5 como se muestra en la tabla 7.

³⁵ INGEOMINAS. (2010). Cartografía geológica y muestreo geoquímico de la parte norte de la Serranía del Perijá, planchas 21, 22, 27, 28, 34 Y 35. Bogotá.

Tabla 7. Parámetros de susceptibilidad litológica.

Litología	Calificación	Factor SI
Aluvi3n grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo. Calizas duras permeables. Rocas intrusivas, poco fisuradas, bajo nivel freático. Basaltos, andesitas, ignimbritas. Características físicas mecánicas: materiales sanos con poca o ninguna meteorización, resistencia al corte elevado, fisuras sanas, sin relleno.	Bajo	1
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, poco fisuradas. Calizas duras permeables. Rocas intrusivas, calizas duras. Características físico mecánicas: resistencia al corte media a elevada.	Moderado	2
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco soldadas, rocas metamórficas mediana a fuertemente alteradas, niveles freáticos relativamente altos.	Medio	3
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, rocas fuertemente alteradas.	Alto	4
Materiales aluviales, coluviales de muy baja calidad mecánica, rocas con estado de alteración avanzado, drenaje pobre. Se incluyen los 3 casos y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos altos.	Muy Alto	5

Fuente: Tomado de Mora & Vahrson, 1993.

Tabla 8. Clasificación de la capa geológica según los parámetros de susceptibilidad litológica de Mora – Vahrson.

Litología	peso
FORMACIÓN RIO NEGRO: Areniscas arcóscicas con cantidades menores de limolitas y shales arenosos.	2
FORMACIÓN CACHIRI: Conglomerados tamaño guijo, Areniscas silicásticas, Limolitas, Lodolitas negras.	4
FORMACIÓN MANAURE: Arenita, Margas, Limolitas silíceas y Calizas tipo packstone, grainstone.	3
FORMACIÓN LA QUINTA: Rocas volcánicas mafica e intermedia, Rocas piroclásticas.	4
DEPOSITOS ALUVIALES RECIENTES: Depositos de cauce aluvial, Gravas, Arenas.	1

Fuente: Autor.

Habiendo definido las litologías del corregimiento (tabla 8), la previa digitalización de la geología de la plancha 34 y 35 a escala 1:25.000 elaborado por SGC y teniendo en cuenta las múltiples visitas a campo se realizó el mapa geológico local del área de estudio gracias al software ArcGIS 10.3.

Luego se procedió a definir la valoración del parámetro de susceptibilidad litológica, es decir, asignar un valor a cada litología teniendo en cuenta: tipo de material, resistencia, grado de fracturamiento o meteorización, entre otras características,

para luego proceder a establecer la ponderación de la capa. Para este análisis se utilizaron las tablas establecidas por Mora-Vahrson, Ambalagan, Ali Jawaid, Mendoza y Domínguez, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Pesos de los diferentes factores para realizar la evaluación de amenazas por deslizamientos (modificado de Ambalagan, 1992; Ali Jawaid, 2000; Mendoza y Domínguez, 2005).

FACTORES GEOLÓGICOS				
Factor	Descripción	Categoría	Peso	Observaciones
Litología	Tipo de material	Cuarcita y Caliza	0.2	Muy meteorizada, multiplicar por 4.
		Granito y Gabro	0.3	Algo meteorizada, multiplicar por 3.
		Neis	0.4	Poco meteorizada, multiplicar por 2.
		Areniscas	1.0	
		Pizarra y Filita	1.2	
		Areniscas con algo de lutitas	1.3	Muy meteorizada, multiplicar por 1.5
		Esquisto	1.3	Algo meteorizada, multiplicar por 1.25
		Lutitas no arcillosas	1.8	Poco meteorizada, multiplicar por 1.1
		Lutitas arcillosas	2.0	
		Materiales aluviales antiguos muy bien consolidados	0.8	
		Suelos arcillosos	1.0	
		Suelos arenosos, blandos	1.4	Multiplicar por 1.3
		Coluviones granulares o clásto-soportados	1.5	si están agrietados, o si hay gradas de movimientos anteriores.
		Coluviones arcillosos antiguos	3.0	
		Coluviones jóvenes	4.0	

Fuente: Libro deslizamientos del autor Jaime Suárez.

4.8.1.2. GEOMORFOLOGÍA

La región noreste del departamento del Cesar se caracteriza por presentar variaciones en su relieve producto de diferentes procesos tanto naturales como antrópicos, este último se aclara que es debido a actividades como la agricultura y minería ilegal, contribuyendo a cambios en el paisaje³⁶.

Para determinar el peso o valor a asignar a los atributos de este factor, se empleó la misma metodología que en el caso de la litología, es decir, se empleó el método de matriz jerárquica en el que se aplican valores de 1 a 5, siendo 1 el menos susceptible a deslizamientos y 5 el de mayor susceptibilidad. Para trabajar la geomorfología de la zona se contó con la capa temática en archivo shapefile, de

³⁶ Flores, A. (2003). Colombia: evolución de sus relieves y modelados. Bogotá.

geomorfología y relieve, facilitadas por Corpocesar y el IGAC. La información suministrada correspondía a todo el municipio de La Paz, por lo que se hizo necesario modificar la capa de modo que la información que arrojará fuese exclusivamente del corregimiento de San José de Oriente; área para la cual se desarrolló el proyecto. Las modificaciones realizadas permitieron separar la información para que la nueva capa generada, describiera claramente cómo se encuentra conformada geomorfológicamente la zona. Como segundo paso, se comparó la información facilitada por el IGAC con la información consignada en los expedientes de la alcaldía municipal de La Paz y la registrada en las visitas a campo. Seguidamente, se procedió a asignar los valores a cada atributo de la capa, como paso final se realizó el mapa geomorfológico en formato vector y seguidamente ráster, con sus atributos e información descriptiva, para la correcta sumatoria de capas y la generación del mapa de susceptibilidad. Como se puede observar en el mapa geomorfológico del área (figura 10) y la tabla de características de valores asignados a la capa de geomorfología (tabla 10).

Tabla 10. Clasificación de la capa geomorfológica según los parámetros de susceptibilidad.

FID	CARACTERÍSTICAS	DETALLE	PESO
0	Montículos	suave	2
1	Río	plano	1
2	Ladera estructural	inclinada	3
3	Terra de acumulación	inclinada	3
4	Lomeríos muy disectados	inclinado	3
5	Sierra denudada	inclinada	3
6	Sierra	escarpe	5
7	Espolón alto de longitud larga	inclinado	3
8	Espolón facetado	inclinado	3
9	Terraza de acumulación antigua	suave	2
10	Lomeríos muy disectados	inclinado	3
11	Escarpe de erosión mayor	escarpe	4
12	Espolón facetado	inclinada	3
13	Sierra	escarpe	4
14	Ladera estructural	escarpe	4
15	Escarpe de erosión mayor	escarpe	4
16	Planicie colinada denudada	suave	2
17	Escarpe de erosión mayor	escarpe	4
18	Plano o llanura de inundación	plano	1
19	Lomeríos muy disectados	inclinada	2
20	Ladera estructural	inclinada	2

Fuente: Autor.

4.8.1.3. PENDIENTE (topografía y relieve)

Para distintos autores, la pendiente es uno de los parámetros más importantes a la hora de evaluar susceptibilidad a movimientos en masa en una zona. La pendiente de un área está claramente condicionada por la topografía del terreno, y esta a su vez está sujeta al relieve propio de un área³⁷. La importancia de este parámetro para evaluar cálculos de susceptibilidad se debe a que la pendiente puede supeditar la estabilidad de una ladera, ya que de ella dependen los componentes de las fuerzas que pueden favorecer o no al movimiento de las mismas. Por tanto, si aumenta la pendiente de una ladera, aumenta también el componente de la gravedad y por tanto la probabilidad de deslizarse³⁸.

Para calcular este parámetro se realizó un procedimiento en el que la topografía o curvas de nivel de la zona fueron el elemento principal, se contó con curvas de nivel cada 5 metros, que sirvió en un principio para analizar en cómo se constituye el área en cuanto a zonas de pendientes, es decir, sirvió para analizar hacia qué lado se ubicaban las áreas con mayor pendiente. Luego de tener el modelo de elevación digital, se procedió a crear un ráster con tamaño de celdas de 10x10. Debido a la extensión del área de trabajo resultaba imposible tomar datos directamente en campo, por lo que se acudió a programas satelitales y algunos softwares, tales como, Google Earth y Global Mapper para delimitar, trabajar y exportar sin errores el polígono de trabajo. Global Mapper sirvió para descargar por medio de su satélite ASTER GDEM v2 las curvas de nivel a cada 5 metros³⁹.

Luego de lograr obtener la capa de curvas de nivel, nuevamente se delimitó el área exacta que corresponde al corregimiento de San José de Oriente. Haciendo uso del software ArcGIS, se procedió a crear un modelo de elevación del terreno para analizar con mayor precisión las áreas con mayor pendiente. A continuación, se presenta el MDT creado a partir de las curvas de nivel y que fue necesario para

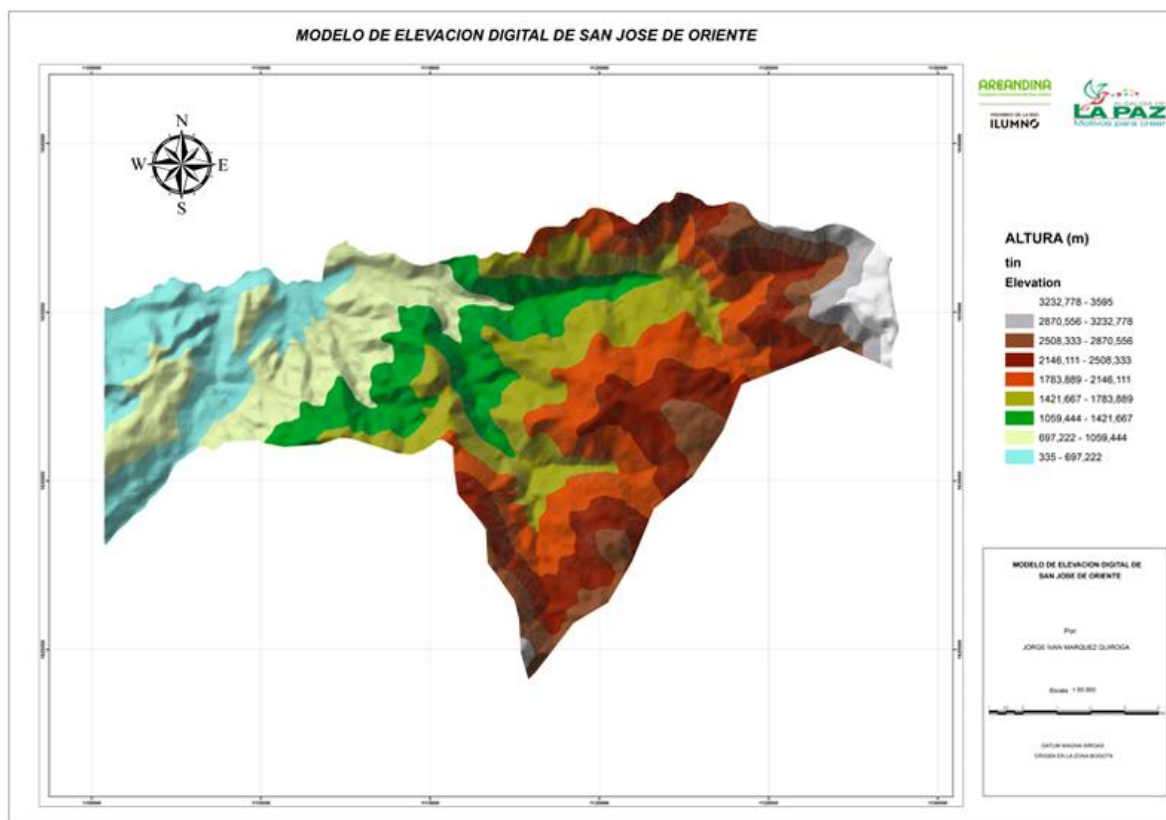
³⁷ Duque, G. (2014). *Manual de geología para ingenieros*. Bogotá.

³⁸ Juárez, E. (s.f.). *Mecánica de suelos, flujos de agua en suelos*. Limusa.

³⁹ Blue Marble GEOGRAPHICS. (2017). *Guía de iniciación rápida Global Mapper, versión 18.0*.

crear el ráster a partir del cual se crearía el mapa de pendientes con la herramienta SLOPE del software ArcGIS⁴⁰.

Figura 18. DEM del área de estudio.



Fuente: Autor (ArcGIS).

El mapa final de pendiente, fue creado a partir del DEM presentado en la figura 18 el cual resultó de gran importancia, pues ayudó a clasificar las áreas que debido a la inclinación de la pendiente, resultaban más susceptibles a procesos de movimientos en masas.

A continuación, se presenta la tabla de valores usados para clasificar pendientes.

⁴⁰ Suyo Pomalía, J. P. (2013). *Manual en español de ArcGIS 10, nivel intermedio*. Tingo María, Perú.

Tabla 11. Clasificación de pendientes según Mora Vahrson.

Grados de pendiente	Condiciones del terreno	Color sugerido	Valor del parámetro
0-3°	Planicie	Verde oscuro	1
3-12°	Ligeramente inclinado	Verde claro	2
12-30°	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales	Amarillo	3
30-45°	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	Naranja	4
>45°	Pendiente muy fuerte	Rojo	5

Fuente: Omar Cardona Arboleda, 1994

La tabla 11 fue la base para la clasificación del mapa de pendiente diseñado para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos en el área, por lo tanto, el resultado final de los atributos para esta capa está evidenciado en la tabla 12.

Tabla 12. Atributos de la capa de pendiente.

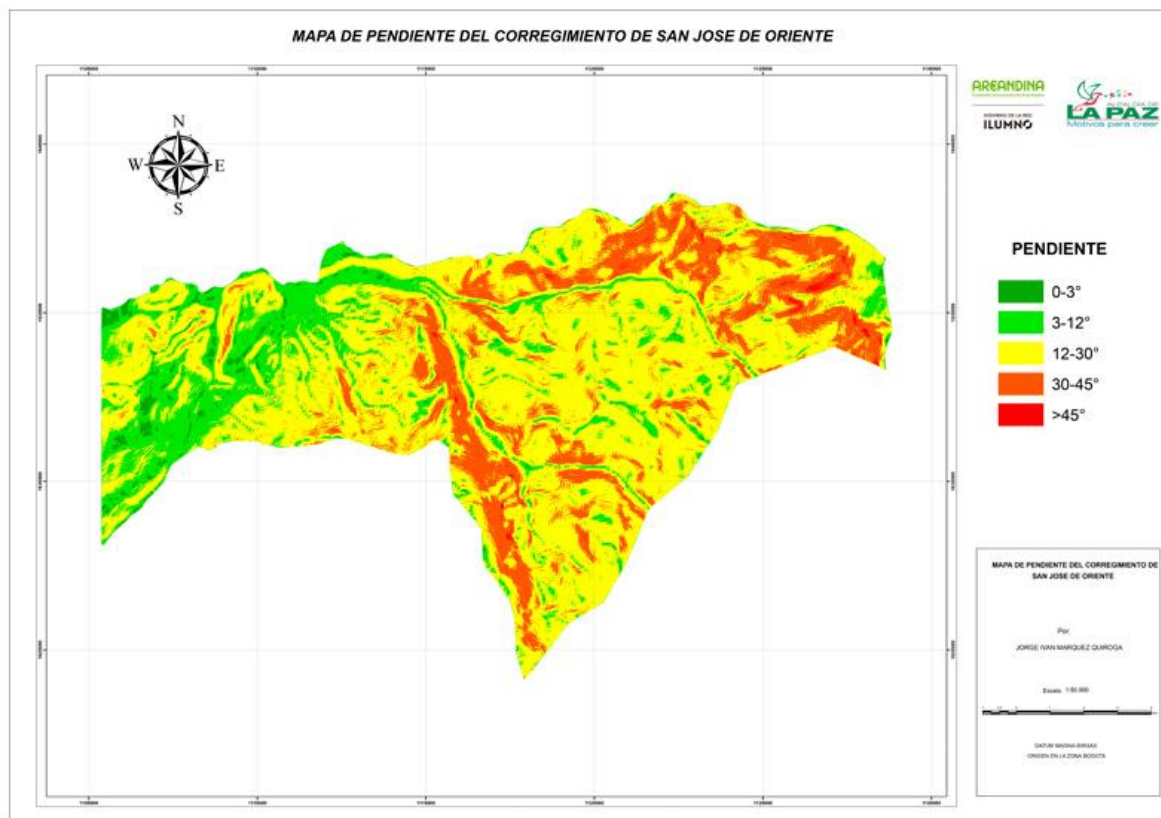
pendiente						
FID	Shape *	ID	GRIDCODE	Rango	Detalle	Peso
359	Polygon	360		5 >45	Pendiente muy fuerte	5
360	Polygon	361		5 >45	Pendiente muy fuerte	5
361	Polygon	362		2 3-12	Ligeramente inclinado	2
362	Polygon	363		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
363	Polygon	364		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
364	Polygon	365		2 3-12	Ligeramente inclinado	2
365	Polygon	366		3 12-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales	3
366	Polygon	367		2 3-12	Ligeramente inclinado	2
367	Polygon	368		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
368	Polygon	369		3 12-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales	3
369	Polygon	370		5 >45	Pendiente muy fuerte	5
370	Polygon	371		5 >45	Pendiente muy fuerte	5
371	Polygon	372		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
372	Polygon	373		5 >45	Pendiente muy fuerte	5
373	Polygon	374		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
374	Polygon	375		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
375	Polygon	376		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
376	Polygon	377		2 3-12	Ligeramente inclinado	2
377	Polygon	378		3 12-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales	3
378	Polygon	379		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
379	Polygon	380		2 3-12	Ligeramente inclinado	2
380	Polygon	381		3 12-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales	3
381	Polygon	382		5 >45	Pendiente muy fuerte	5
382	Polygon	383		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
383	Polygon	384		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
384	Polygon	385		4 30-45	Pendiente fuerte, procesos denudacionales	4
385	Polygon	386		1 0-3	Planicie	1
386	Polygon	387		1 0-3	Planicie	1
387	Polygon	388		5 >45	Pendiente muy fuerte	5

Fuente: Este medio

Una vez terminado el proceso de creación del DEM, se procedió a calcular el mapa de pendiente. El software arrojó el nuevo mapa de pendiente, el procedimiento seguido fue reclasificar los valores del mapa, ingresando los valores expuestos por

Mora Vahrson en su clasificación y que fueron descritos en este trabajo mediante la tabla 12. Para esta reclasificación se hizo necesario usar la herramienta -RECLASS-, la cual se encuentra fácilmente en la caja de herramienta -ARCTOOLBOX- y SPATIAL ANALYST TOOLS. Una vez terminado el proceso de reclasificación, se obtuvo como resultado el siguiente mapa de pendientes.

Figura 19. Mapa de pendiente del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

4.8.1.4. USO Y COBERTURA DE SUELO (vegetación)

El corregimiento de San José de Oriente se caracteriza por estar cubierto aproximadamente un 70% de espesos bosques naturales. Aunque la vegetación en la región se ha notado un poco alterada debido a intervención del hombre en diferentes actividades, por ejemplo, el comercio ilegal de madera, minería no formal,

etc., sigue siendo común y abundante la presencia de bosques naturales a lo largo y ancho de toda la región⁴¹.

A los bosques naturales como vegetación predominante, le preside los territorios agrícolas, pues este es un modo de trabajo de los habitantes de la región. Los territorios agrícolas se clasifican por cultivos permanentes, semipermanentes, pastos y algunas áreas protegidas.

Para asignar los valores a esta capa se tuvo como referencia el marco de valores diseñado por Mora-Vahrson. Además, para este proyecto se asignó un valor muy importante a esta capa debido a que no es desconocido que, así como la vegetación puede influir de buena manera en la estabilidad de laderas y taludes, cuando esta es espesa y abundante influye de forma negativa; esto, debido a que el peso que ejerce la vegetación en las áreas inclinadas y escarpadas pueden generar grandes deslizamientos⁴².

Como se explicó anteriormente es importante y delicado este aspecto ya que la región está conformada en cuanto a vegetación principalmente por bosques naturales y semi naturales espesos. Esto sumado al factor geomorfológico en áreas escarpadas y de laderas con fuertes inclinaciones, es bastante relevante para realizar un mapa de susceptibilidad a deslizamiento en la región. La información de esta capa fue facilitada por Corpocesar y verificada en las diferentes salidas a campo y en las revisiones de expedientes que reposan en la oficina de UMATA de la alcaldía municipal de La Paz, en donde se pudo determinar qué información es relevante para la capa y que valores deben ser asignados a los atributos de la misma. En la tabla 13 se presenta la tabla de valores asignados a la capa de este factor.

⁴¹ EOT. (2013). *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de La Paz, Cesar. La Paz.*

⁴² Adame Rivera, L. M. (2013). *Urbanismo vulnerable a los procesos de remoción en masa en el municipio de San Pedro Garza García, Nuevo León (México). San Nicolás de los Garza.*

Tabla 13. Atributos de la capa de uso y cobertura de suelo.

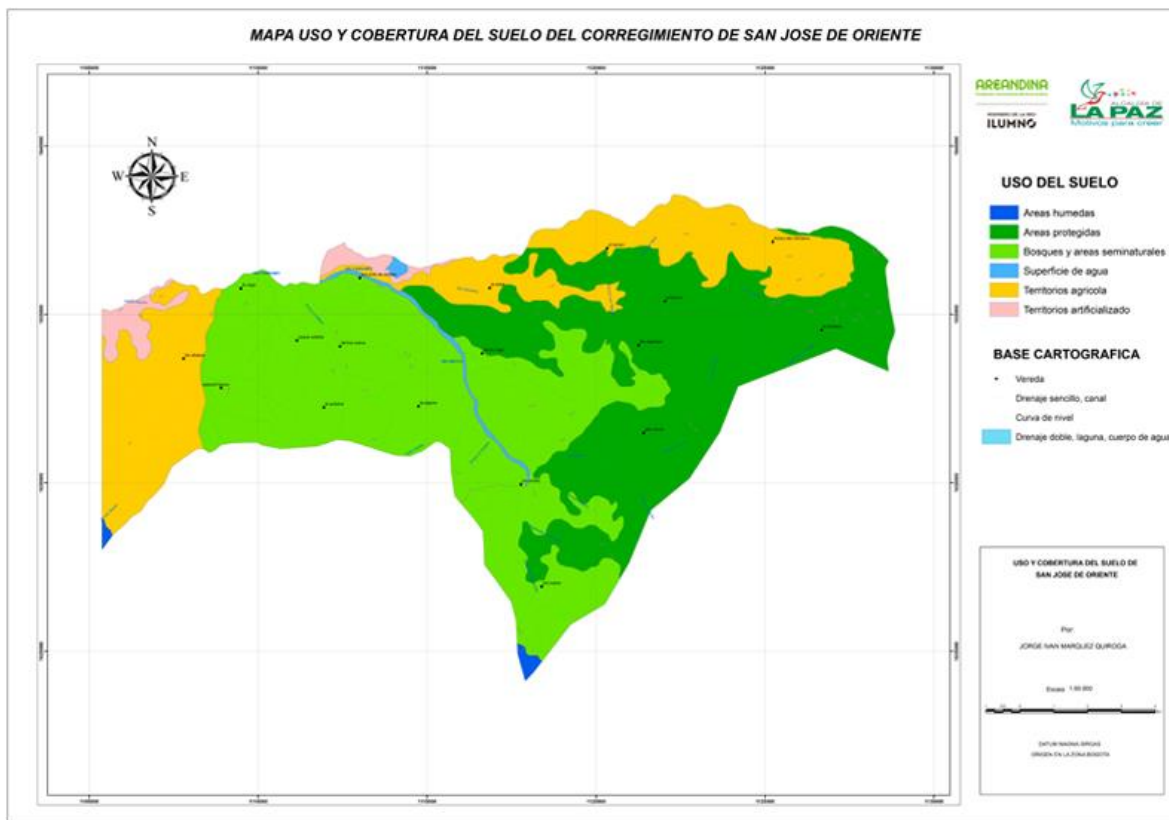
FID	Shape	NOMBRE MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	Zona	Detalle	Peso
0	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Áreas protegidas	Área protegida por ley 2da	3
1	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Áreas húmedas	Vegetación acuática, zona pantanosa	5
2	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Territorios artificializado	Zona urbana-casco poblado	1
3	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Áreas húmedas	Vegetación acuática, zona pantanosa	5
4	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Territorios agrícola	Cultivos permanentes, pastos	2
5	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Superficie de agua	Río, lagos, laguna	5
6	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Superficie de agua	Río, lagos, laguna	5
7	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Superficie de agua	Río, lagos, laguna	5
8	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Territorios artificializado	Zona urbana-casco poblado	1
9	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Territorios agrícola	Cultivos permanentes, pastos	2
10	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Bosques y áreas seminaturales	Bosques naturales	4
11	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Territorios agrícola	Cultivos permanentes, pastos	2
12	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Áreas húmedas	Vegetación acuática, zona pantanosa	5
13	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Bosques y áreas seminaturales	Bosques naturales	4

Fuente: Autor.

Como puede apreciarse en la tabla 13, los valores asignados oscilan entre 1 y 5, siendo 1 las áreas con menor influencia de vegetación para general deslizamientos. Es decir, las áreas que según el factor vegetación resultan menos susceptibles a estos eventos y 5, las áreas que debido a la cantidad de vegetación resultan más susceptibles.

El mapa final de uso y cobertura de suelo (figura 20), muestra predominancia de los bosques naturales y semi naturales espesos, factor que puede resultar acelerador de los procesos de deslizamientos.

Figura 20. Mapa de uso y cobertura del suelo del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: IGAC.

4.8.1.5. PRECIPITACIÓN

Para este parámetro se recurrió a los promedios mensuales y anuales de precipitación de la región, analizando mapas de precipitación media anual del IDEAM, exactamente el mapa climatológico del departamento del Cesar. Se efectuó un análisis simple, en el que las precipitaciones mensuales inferiores a 125mm no generan un aumento significativo de humedad en el terreno, mientras que las precipitaciones que oscilan entre 125 y 250 mm por mes, generan un incremento medio en la humedad del terreno y en donde las precipitaciones que sobrepasan los 250 mm por mes, generan un aumento bastante alto en la humedad del terreno. Este análisis se realizó de esta manera para cumplir con el parámetro de clasificación de humedad establecido por Mora-Vahrson en su metodología de susceptibilidad de deslizamientos.

A continuación, se presenta la tabla 14 de valores asignados a los promedios mensuales de lluvia establecidos por Mora-Vahrson 1992.

Tabla 14. Valores asignados al parámetro de humedad por Mora-Vahrson 1992.

Promedio de precipitación mensual [mm]	Valor asignado
<125	0
125-250	1
>250	2

Fuente: Suarez, 2008.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos anteriormente mencionados se procedió a organizar mediante una tabla en Excel, la información de precipitación media mensual, debidamente geo-referenciada de las estaciones meteorológicas presentes y cercanas a la zona de estudio, luego se exporto al software ArcGIS⁴³ y utilizando la herramienta de análisis espacial e interpolación inversa a la distancia se generaron las diferentes bandas de humedad del suelo como se puede apreciar en la figura 21.

Es importante aclarar que los valores de promedios de precipitación en este proyecto son anuales, lo cual hizo necesario reestructurar la tabla de valores asignados al parámetro de humedad por Mora-Vahrson 1992.

Tabla 15. Valores asignados al parámetro de precipitación para el proyecto.

PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN ANUAL	VALOR ASIGNADO	NIVEL DE LA AMENAZA
< 1500 mm	1	Baja
1500 - 2500 mm	2	Media
2500 - 3500	3	Alta
> 3000 mm	4	Muy alta

Fuente: Autor.

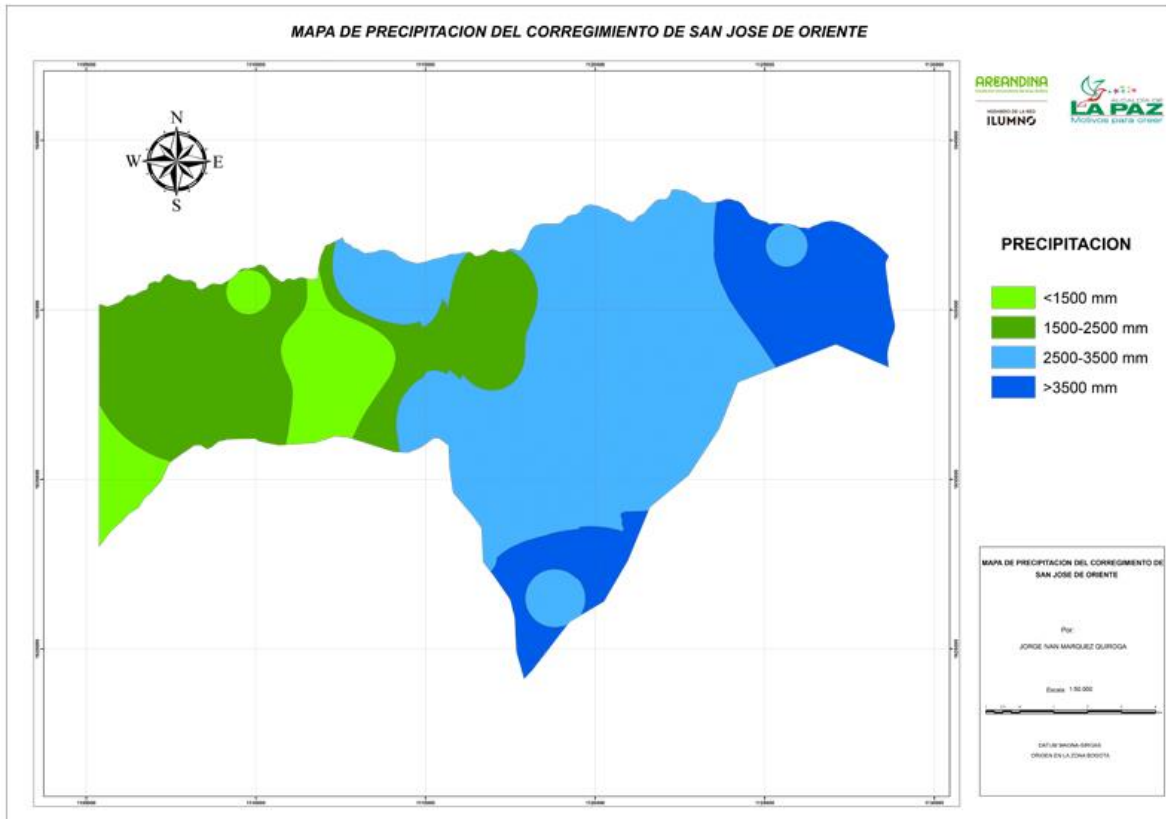
⁴³ Sosa, Senticala, N. L. (2016). *Análisis de susceptibilidad a los peligros geológicos por movimientos en masa - poblados de Pampamarca y Acobamba, región Huánuco. Puno - Perú.*

Tabla 16. Atributos de la capa de precipitación.

FID	Shape *	NOMBRE MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	Preci mm	Nivel	Peso preci
0	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	2500-3500	Alto	3
1	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	<1500	Bajo	1
2	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	<1500	Bajo	1
3	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	2500-3500	Alto	3
4	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	1500-2500	Medio	2
5	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	1500-2500	Medio	2
6	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	<1500	Bajo	1
7	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	2500-3500	Alto	3
8	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	>3500	Muy Alto	4
9	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	2500-3500	Alto	3
10	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	>3500	Muy Alto	4
11	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	1500-2500	Medio	2
12	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	<1500	Bajo	1

Fuente: Este estudio

Figura 21. Mapa de precipitación del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

Como resultado final, se observan cuatro áreas representadas con diferentes colores indicando el nivel de precipitación que estas tienen y el comportamiento de las lluvias en esta zona del país, donde la zona con mayor precipitación es la más susceptible y la de menor precipitación la menos susceptible a fenómenos de remoción en masa.

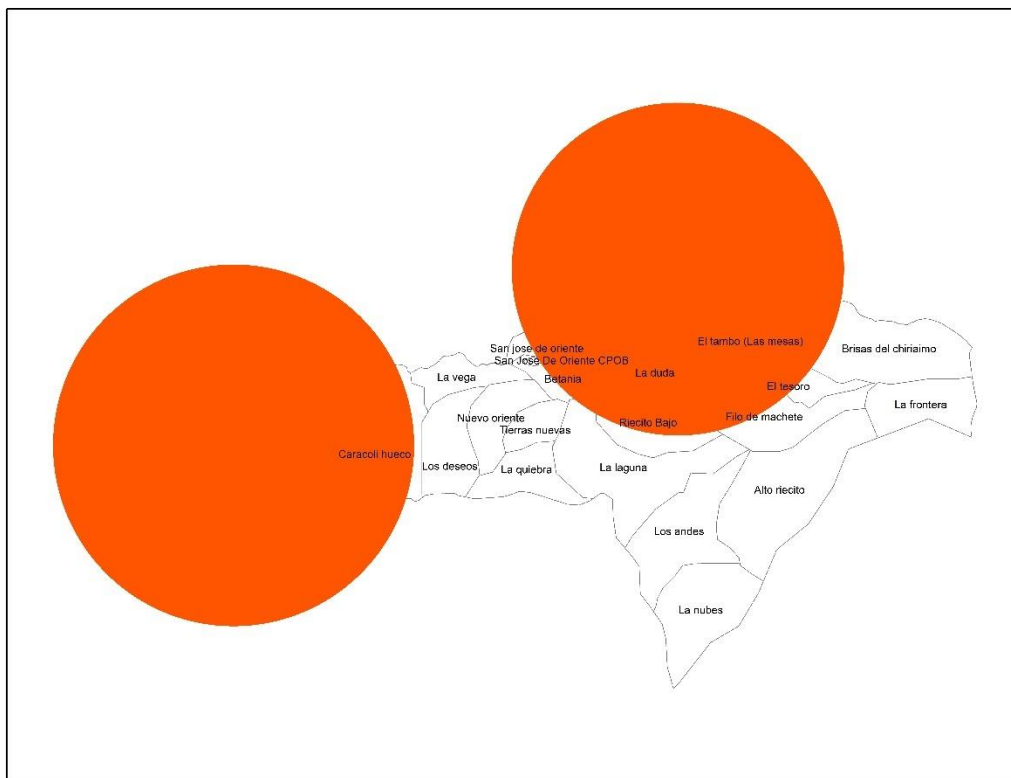
4.8.1.6 SISMICIDAD

Para la realización de este parámetro se recurrió al inventario de sismos que posee el Servicio Geológico Colombiano, se buscaban epicentros dentro de la zona de interés, pero no se encontró ningún reporte, por lo que se hizo necesario tomar los puntos más cercanos, situados en los municipios de San Diego y Manaure, ambos pertenecientes al departamento del Cesar⁴⁴.

Después de tener los dos puntos de epicentro sísmico georreferenciados se simuló las afectaciones de estos como se muestra en la figura 22, determinando las veredas más susceptibles a este parámetro (Ver tabla 17).

⁴⁴ SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. (20 de febrero de 2018). Boletines de sismicidad. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co/sismos/sismos/ultimos-sismos.html>

Figura 22. Alcance de afectación de epicentros sísmicos.



Fuente: Autor.

Tabla 17. Atributos de la capa de sismicidad.

FID	Shape*	Código Vereda	Nombre Vereda	Detalle
0	Polygon	20621015	Caracol hueco	Zona afectada
1	Polygon	20621016	La frontera	
2	Polygon	20621017	El tambo (Las mesas)	Zona afectada
3	Polygon	20621018	Brisas del chiraimo	Zona afectada
4	Polygon	20621019	El tesoro	Zona afectada
5	Polygon	20621020	Filo de machete	Zona afectada
6	Polygon	20621021	Alto riecito	
7	Polygon	20621022	La duda	Zona afectada
8	Polygon	20621023	La laguna	
9	Polygon	20621024	La quiebra	
10	Polygon	20621025	Tierras nuevas	
11	Polygon	20621026	Nuevo oriente	
12	Polygon	20621027	Los deseos	
13	Polygon	20621028	La vega	
14	Polygon	20621029	Betania	Zona afectada
15	Polygon	20621030	Riecito bajo	Zona afectada
16	Polygon	20621031	San José de oriente	Zona afectada
17	Polygon	20621032	Los andes	
18	Polygon	20621033	Las nubes	
19	Polygon	20621076		Zona afectada
20	Polygon	20621077		Zona afectada

Fuente: Autor.

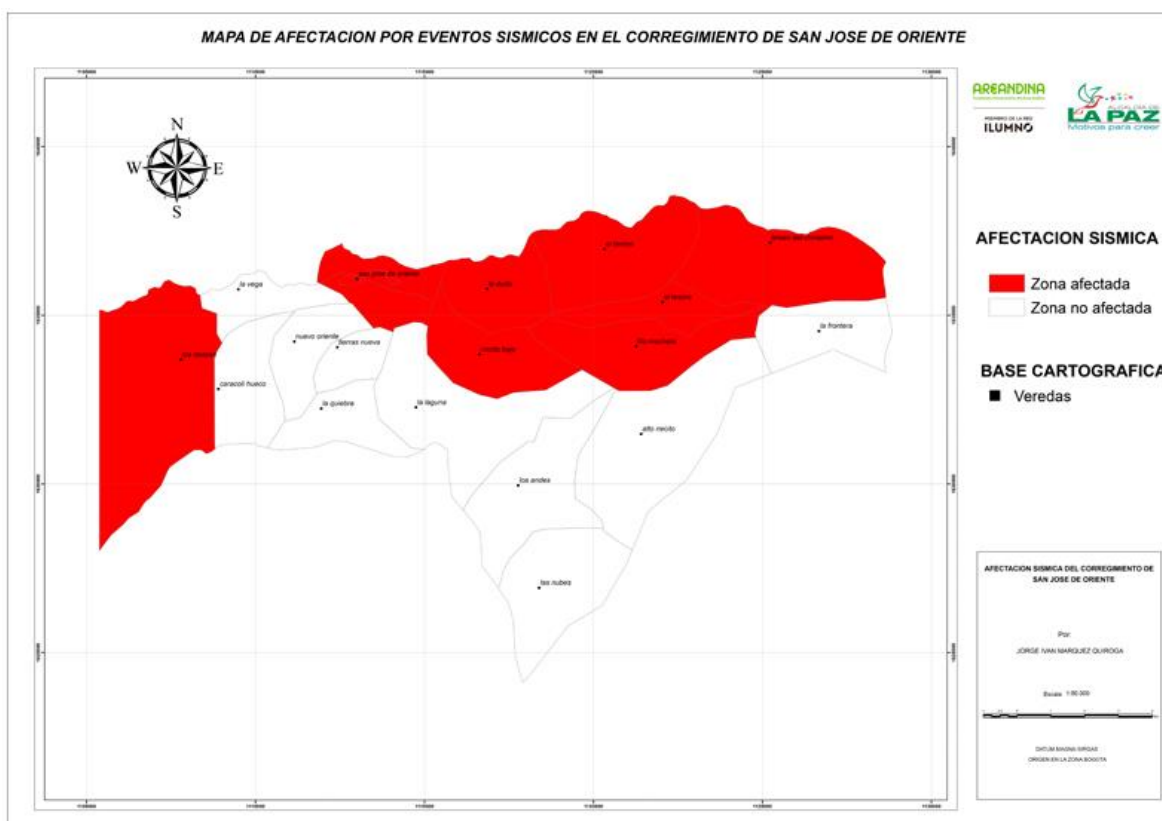
Es importante aclarar que por la magnitud de los sismos que se han presentado en esta región que van desde los 4.1 hasta los 4.6 grados y teniendo en cuenta lo establecido por el Servicio Geológico Colombiano al momento de valorar estos fenómenos, se determinó que las zonas afectadas tienen una valoración de 2 sabiendo que 1 es lo menos golpeado y 4 lo más perjudicado.

Tabla 18. Valores asignados al parámetro de sismicidad para el proyecto, Modificado del Servicio Geológico Colombiano.

MAGNITUD DEL SISMO	NIVEL	RANGO
1 - 3,5°	Bajo	1
3,5 - 5,5°	Medio	2
5,5 - 7,5°	Alto	3
> 7,5	Muy Alto	4

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 23. Mapa de afectación por eventos sísmicos en corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

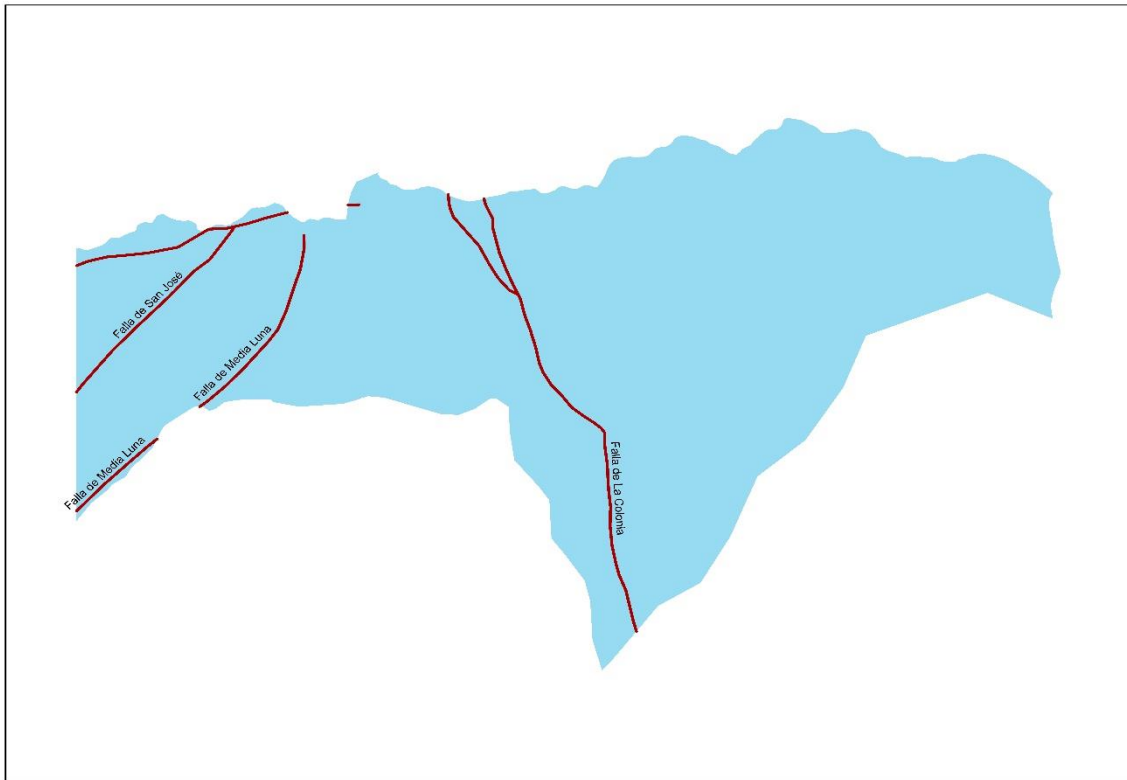
4.8.1.7. ZONAS DE FALLAS

El corregimiento de San José de Oriente está controlado estructuralmente por la interacción de tres fallas:

- La falla San José
- La falla Media Luna
- La falla La Colonia

Se encuentran situadas hacia la parte noroeste, suroeste y central del área estudiada como se muestra en la figura 24, la falla con mayor protagonismo es La Colonia, de tipo inverso con una extensión de lineamiento de aproximadamente 13 Km, con dirección NNE SSW⁴⁵.

Figura 24. Principales fallas del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Este estudio

⁴⁵ INGEOMINAS. (2010). Cartografía geológica y muestreo geoquímico de la parte norte de la Serranía el Perijá, planchas 21, 22, 27, 28, 34 Y 35. Bogotá.

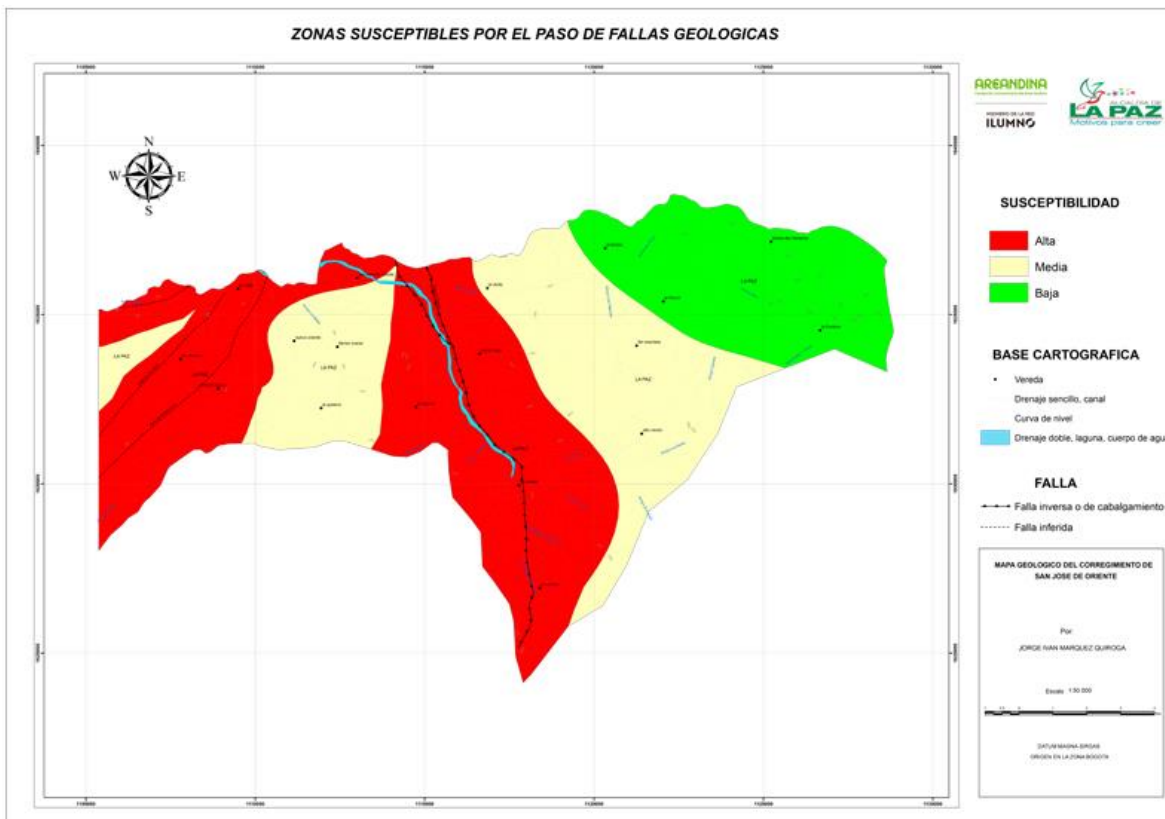
Para realizar esta capa se georreferenció todo el trazo de las fallas con el objetivo de realizar una interpolación donde se establecieron las zonas más cercanas y lejanas a estos puntos críticos, para así poder clasificar de 1 a 3 las áreas más susceptibles por fenómenos de remoción en masa teniendo en cuenta el criterio estructural.

Tabla 19. Tabla de atributos de la capa de fallas.

FID	Shape *	NOMBRE MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	Rango	Peso
0	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Medio	2
1	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Medio	2
2	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Alto	3
3	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Medio	2
4	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Alto	3
5	Polygon	LA PAZ	SAN JOSÉ DE ORIENTE	Bajo	1

Fuente: Este medio

Figura 25. Zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa por fallas geológicas.



Fuente: Autor.

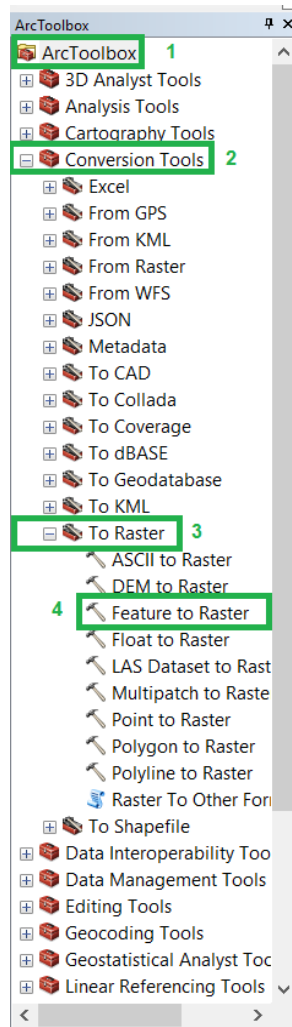
4.9 CONVERSIÓN FORMATO VECTOR A FORMATO RASTER Y CÁLCULO FINAL DE SUSCEPTIBILIDAD

Una vez terminada la realización de todos los parámetros, se obtuvo como resultado cada una de las capas o mapas necesarios para realizar la correcta sumatoria de estas que dieron como resultado el mapa final de susceptibilidad de deslizamientos para el corregimiento de San José de Oriente, es decir, se obtuvo cada uno de los mapas presentados anteriormente en formato VECTOR, es decir en SHAPES, y se procedió a convertir cada una de las capas a formato RASTER, debido a que la herramienta que se utilizaría para realizar la suma de capas, es precisamente la herramienta -RASTER CALCULATOR-, de la herramienta ALGEBRA DE MAPAS; lo que obliga a convertir cada una de las capas o mapas presentados anteriormente⁴⁶.

El procedimiento realizado para convertir cada mapa a formato RASTER, consistió en utilizar la caja de herramientas -ARCTOOLBOX- luego la caja de herramientas -CONVERSION TOOLS- seguido de la opción – TO RASTER- y por último la opción -FEATURE TO RASTER-, que permite convertir elementos de vector a ráster, este proceso se puede ver a continuación.

⁴⁶ *esri. (s.f.). ArcMap: guía de inicio rápido de ArcGIS 10.3 for Desktop. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/tools/a-quick-tour-of-geoprocessing-tool-references.htm>*

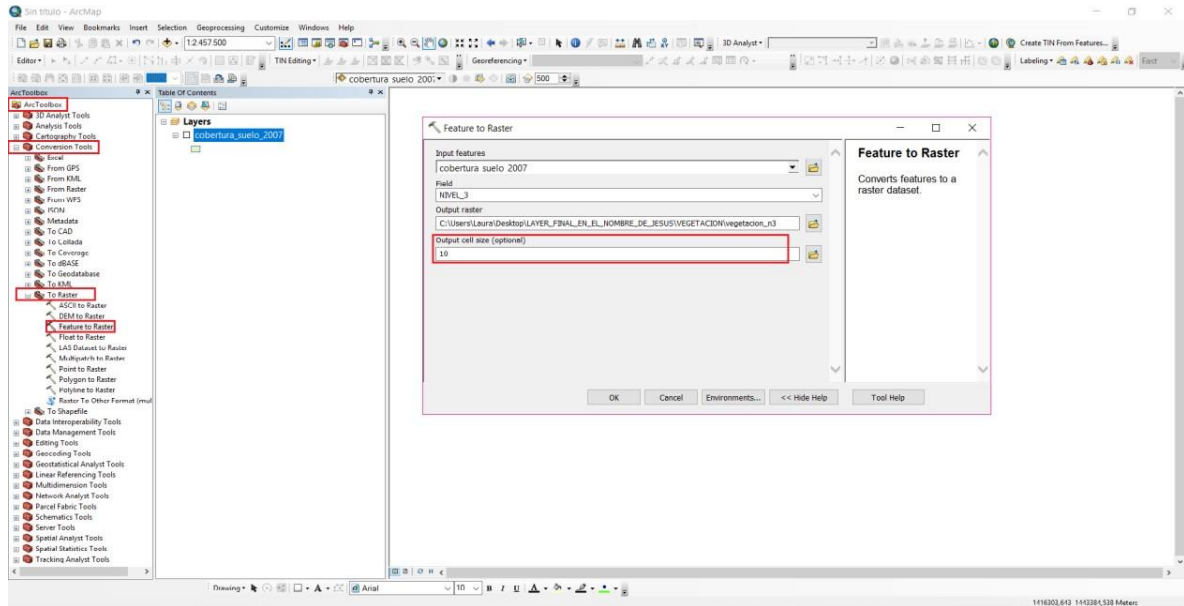
Figura 26. Proceso grafico conversión formato Vector a Ráster.



Fuente: Autor.

Para realizar la transformación a este formato es muy importante el valor de celda que se le dará al ráster que se desea crear, este valor se deja a criterio propio del profesional. Para este proyecto se decidió trabajar las celdas con un tamaño de 10x10, teniendo en cuenta que se quería obtener un mapa de susceptibilidad con mayor detalle.

Figura 27. Proceso de conversión de vector a ráster y asignación del valor del tamaño de celda.

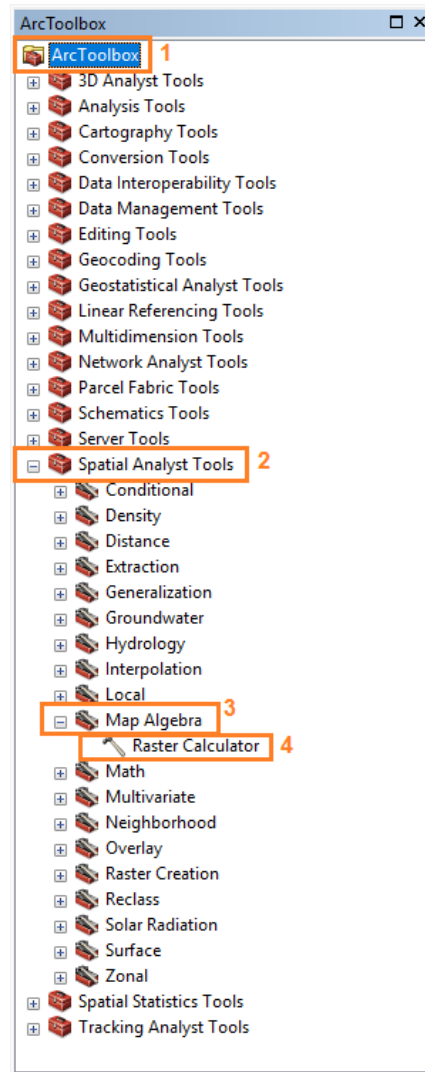


Fuente: Autor.

Como puede observarse en la figura 27, ejemplo del proceso realizado, el tamaño de celda dado a cada una de las capas al momento de su transformación a ráster fue el mismo expuesto en la figura.

Una vez realizado el proceso presentado en la figura 27 a cada una de las capas temáticas, se procedió a realizar el cálculo final de susceptibilidad, efectuando la sumatoria de cada una de las capas con la herramienta -RASTER CALCULATOR-.

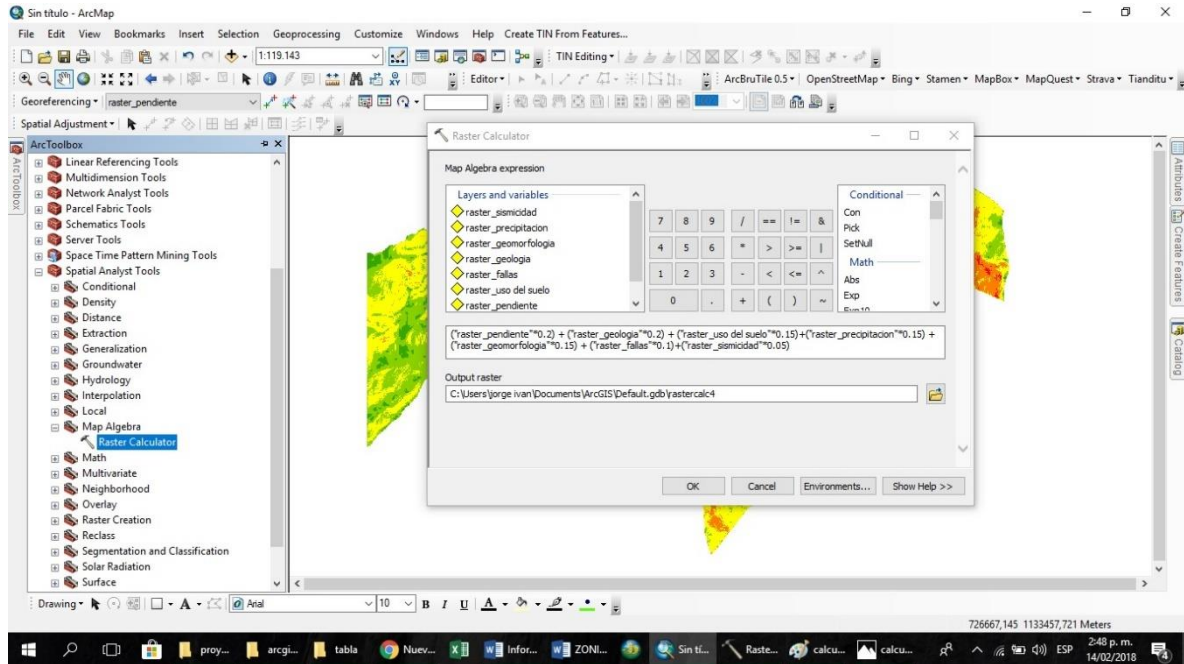
Figura 28. Proceso para realizar la sumatoria de capas para el cálculo final de susceptibilidad.



Fuente: Autor.

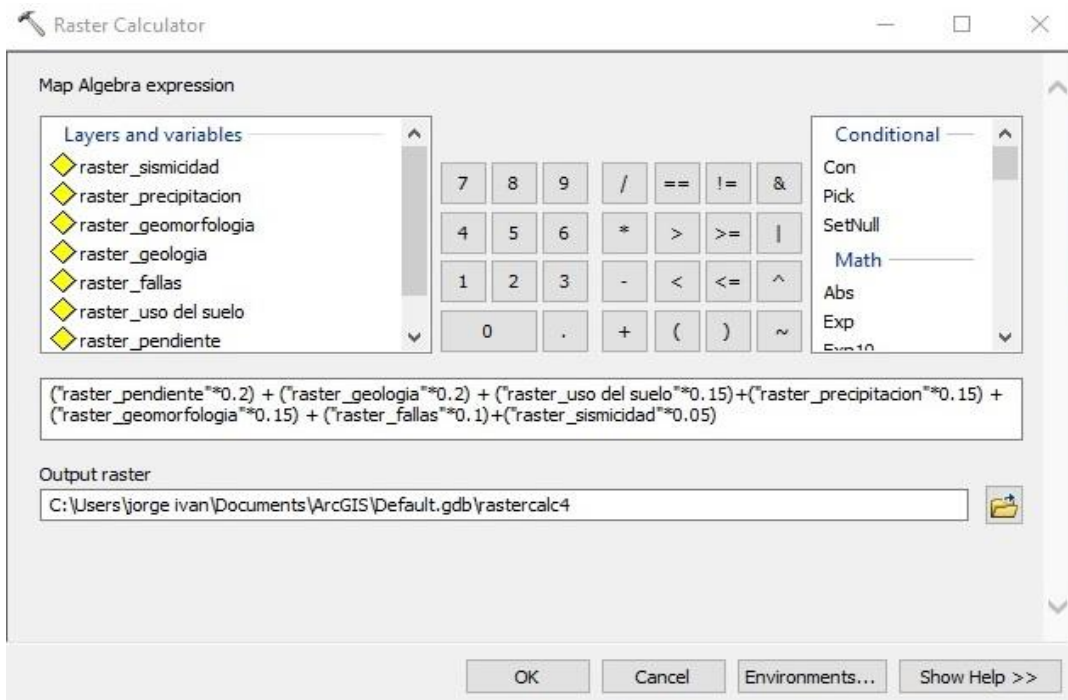
Una vez seguidos los pasos anteriores, es decir, los expuestos mediante la figura 28, se obtuvo finalmente el mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa del corregimiento de San José de Oriente. A continuación, se presenta el proceso final del cálculo de susceptibilidad y el resultado final arrojado mediante el ingreso de capas y la aplicación de la fórmula.

Figura 29. Proceso de cálculo de susceptibilidad final.



Fuente: Autor.

Figura 30. Fórmula efectuada para realizar el cálculo de susceptibilidad a deslizamientos.



Fuente: Autor.

Se puede apreciar en la figura 30, la fórmula que se usó para realizar el cálculo de susceptibilidad de deslizamientos es la establecida por Mora-Vahrson en su metodología de cálculo de susceptibilidad para deslizamientos.

Los valores finales asignados a cada capa para su correcta sumatoria, pueden quedar sujetos a criterio del profesional, teniendo en cuenta que todos los factores que se usaron para calcular la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente, corresponden a parámetros relacionados directamente con la generación de deslizamientos y la generación de inestabilidad en laderas, taludes, y zonas de pendientes altas. Finalmente se presentan los valores asignados a cada capa y el resultado final del proyecto (tabla 20).

Tabla 20. Ponderación final asignado a cada capa.

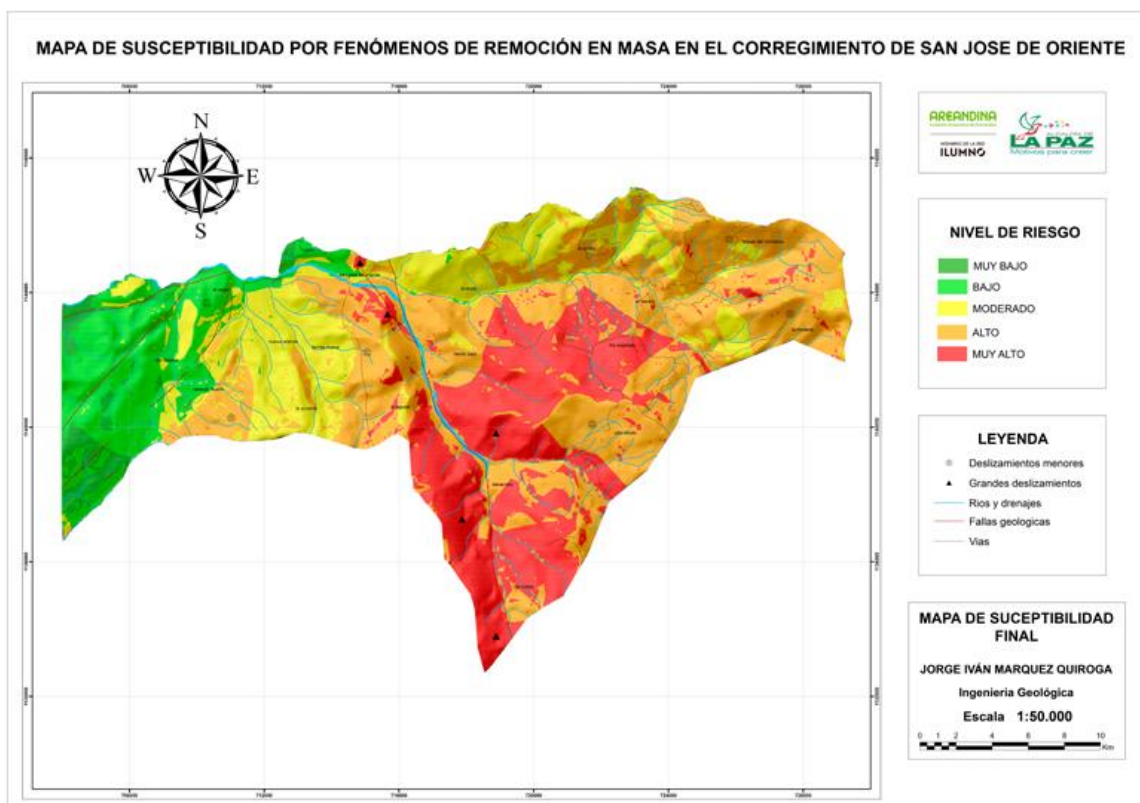
Atributo (Capa) ráster	Valoración final
Geología	20%
Pendiente	20%
Precipitación	15%
Uso y cobertura de suelo	15%
Geomorfología	15%
Zona de fallas	10%
Sismicidad	5%
Total	100%

Fuente: Autor.

5. RESULTADOS

El resultado final obtenido mediante la realización cuidadosa de todo el procedimiento descrito anteriormente, corresponde al mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa del corregimiento de San José de Oriente.

Figura 31. Mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa del corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

Mediante el análisis del mapa final (figura 31), puede observarse que, a lo largo y ancho del corregimiento de San José de Oriente se aprecian áreas que clasifican como escenarios con baja vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa, estas zonas se encuentran hacia NW de la región; exactamente donde se sitúan las veredas La Vega, Los Deseos y Caracoli hueco. Entre los sitios con susceptibilidad moderada, se tiene Nuevo oriente, Tierras nueva, La Quebra, La Duda y el casco poblado del corregimiento. Por otra parte, el cálculo también arrojó lugares con

susceptibilidad alta y muy alta a sufrir estos eventos, localizados específicamente hacia el NE y S del corregimiento.

Este mapa final es el resultado de la sumatoria de factores como: geología, geomorfología, pendiente, uso y cobertura de suelo, precipitación, zonas de fallas y sismicidad.

La clasificación de susceptibilidad se realizó teniendo en cuenta el modelo establecido por MORA Y VHARSON, como se puede observar en la tabla 21.

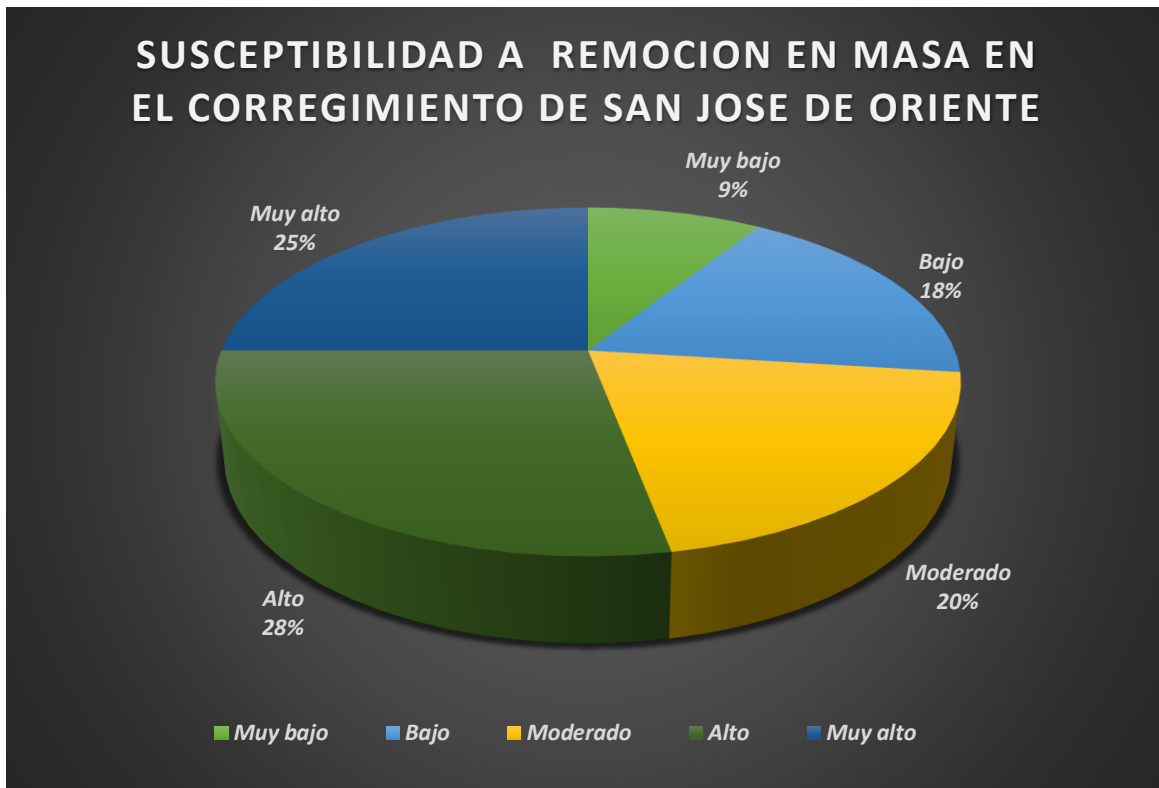
Tabla 21. Clasificación de susceptibilidad de Mora y Vahrson.

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

Fuente: Tomado de Mora y Vahrson, 1993

Un aporte importante fue la distribución en porcentajes, según el nivel de riesgo que presento el área evaluada, evidenciada en la figura 32.

Figura 32. Distribución de la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente.



Fuente: Autor.

5.1. PREVENCIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE

Colombia es un país con un rango amplio de amenazas de origen natural, vulnerabilidades humanas y de infraestructura, a tal grado que el riesgo enfrentado es de dimensiones importantes. La zona estudiada presenta un nivel de riesgo alto en gran parte del territorio, lo que hace necesario establecer criterios de seguridad, medidas de control y mitigación ante posibles fenómenos que puedan golpear en esta zona del país⁴⁷.

5.1.1. Criterios de seguridad

La unidad nacional para la gestión del riesgo de desastres estableció una estructura y procesos que permiten a nuestro país, reducir, frenar y controlar el desarrollo de

⁴⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). MINAMBIENTE. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>

los riesgos de un desastre⁴⁸, por eso se hace importante la socialización entre comunidades de esta temática y de esta manera enfrentar de forma articulada y coordinada los aspectos o componentes de la prevención, la preparación, mitigación, respuesta de desastre, la rehabilitación y reconstrucción, así como de la alerta temprana en el corregimiento de San José de Oriente⁴⁹.

5.1.2. Medidas de control y mitigación

El componente de la prevención constituye un conjunto de acciones cuyo objeto es impedir, reducir o evitar que sucesos naturales o generados por la actividad humana, provoquen o generen desastres⁵⁰.

La prevención es la única medida que permite a una comunidad, mitigar los efectos de la naturaleza, sus costos son considerablemente inferiores comparado a los de la atención y rehabilitación⁵¹. Así, la prevención es responsabilidad de todos, por tal razón la administración municipal debe considerar el factor prevención en todos los programas de desarrollo y planificación, tanto en la zona urbana como la rural.

La temática social de este proyecto está enfocado a la importancia de la prevención, la cual está orientada y encaminada a intervenir la amenaza para impedir o evitar su ocurrencia o sus consecuencias, alejando elementos vulnerables de las zonas críticas por fenómenos de remoción en masa del territorio. En este contexto es necesario e importante identificar el nivel del riesgo de desastre al que se expone la zona de estudio, evaluar la misma y definir las áreas con amenaza alta, media y baja, información que servirá de base para el ordenamiento territorial de la zona de San José de Oriente.

Actualmente y para darle continuidad a este trabajo, la administración en cabeza de su mandataria está empleando mayor control a los sitios donde se pretende realizar

⁴⁸ NGRD Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - Colombia. (24 de abril de 2012). Normatividad. Obtenido de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Normatividad.aspx>

⁴⁹ Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (s.f.). *MANUAL DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRE PARA COMUNICADORES SOCIALES: Una guía práctica para el comunicador social comprometido en informar y formar para salvar vidas*. Lima, Perú.

⁵⁰ Aguilar, J. R. (s.f.). *Manejo de desastres*. Málaga, España.

⁵¹ Neuhaus Wilhelm, S. (2013). *Identificación de factores que limitan una implementación efectiva de la gestión del riesgo de desastre a nivel local, en distritos seleccionados de la región de Piura*. Lima, Perú.

algún tipo de proyecto, ya sea obras de ingeniería, como construcción de puentes, carreteras, escuelas, o las relacionadas al agro, con el fin de optar por la ubicación más estratégica y menos vulnerable, teniendo en cuenta los puntos críticos localizados en este proyecto.

Otras de las medidas de control y mitigación están enfocada a la adecuada elaboración de los análisis de riesgo de desastres, estos se hacen en todos los proyectos de inversión del municipio, y muestran la viabilidad de este, en temas de desastres, por lo que se ha sugerido adicionar la evaluación de variables como: geología, geomorfología, pendiente y condiciones de suelo.

Algunas de las actividades que se podrían implementar como medidas de control y mitigación son:

- Reforestar con plantas nativas las áreas críticas del corregimiento.
- Hacer estudios de geofísica, con la finalidad de determinar el espesor de la masa inestable o masa móvil y el comportamiento de aguas subterráneas en zonas de alto riesgo por fenómenos de remoción en masa.
- No permitir el crecimiento urbano en las terrazas formadas por las quebradas y en las zonas de alto riesgo, zonificadas en este informe.

6. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos del mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente fueron validados en campo donde se contrastaron las áreas de amenaza identificadas, así mismo los puntos más críticos de los cuales se tenían conocimiento y estaban debidamente georreferenciados, esta información fue cruzada con el mapa final, quedando demostrado que las zonas con mayor número de fenómenos de remoción en masa efectivamente coincidieron con las áreas críticas delimitadas en el mapa de susceptibilidad como zonas de amenaza relativa muy alta a alta, definiéndose que la metodología utilizada fue acertada puesto que las zonas de amenaza no difirieron en lo absoluto, deduciéndose que el modelo se ajusta a la realidad en un 95 % por lo tanto los resultados son bastante confiables.
- El uso del Sistema de Información Geográfico (SIG), es una herramienta de gran importancia en la definición de la amenaza por fenómenos de remoción, debido a que agiliza al máximo el procesamiento de datos espaciales, permitiendo así, la manipulación de las diferentes coberturas temáticas; precisando de forma rápida el modelamiento espacial entre capas temáticas y permitiendo la toma de decisiones acertadas y con un alto nivel de confiabilidad.
- El estudio se orientó en evaluar la susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente, por tal razón, se enfocó en el análisis de variables geoambientales o factores intrínsecos del terreno y su papel como generadores de amenaza; lo cual permitió establecer que los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, se encuentran directamente relacionados con la geomorfología, las pendientes, la geología y la cobertura del suelo, elementos que inciden en un 95% en la formación de movimientos en masa, debido a que está demostrado que la mayoría de fenómenos de remoción en masa se produjeron en áreas con condiciones de topografía

agreste de suelos blandos muy meteorizados e incipientes desprovistos de coberturas naturales.

- El análisis de susceptibilidad por medio de la aplicación del Método Mora-Vahrson y con la ayuda del SIG, obtuvo como resultado el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de San José de Oriente. donde se obtuvo que el 25% del área de la zona estudiada presenta muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa, 28% alta susceptibilidad, 20% moderada susceptibilidad, 18% baja susceptibilidad y el 9% muy baja susceptibilidad.
- Los factores condicionantes (intrínsecos) identificados en el área estudio son la litología, geomorfología, uso y cobertura del suelo, zonas de falla y la pendiente del terreno, los factores detonantes (extrínsecos) identificados en el área de estudio son precipitación (lluvias) y sismicidad.
- Se estableció que, de 95 fenómenos de remoción en masa identificados en el 2017, 80 corresponden a deslizamientos que representan el 84.2%, 2 atañen a flujos expresados en 2.1% y 13 a caídas de roca valorados en 13.7% del total, por lo cual se concluye que los fenómenos de remoción en masa más comunes en el área de estudio son los deslizamientos, seguidos por las caídas y los flujos respectivamente.
- Los deslizamientos se presentaron de forma permanente en zonas de pronunciadas pendientes altas a muy altas con ángulos de inclinación entre 50% - 100%, las caídas de roca en ángulos de pendientes dominantes muy altas por encima de 100% y los flujos en pendientes medianas a bajas entre 15% - 30%.
- Como conclusión final, se enfatiza que la zonificación de áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de San José de Oriente, departamento del Cesar, expuesto en este trabajo, se basó en la influencia que tienen las diferentes variables geoambientales en el área de estudio, es decir las áreas de amenaza determinadas, son válidas únicamente para este sitio, por lo tanto si se evalúan condiciones similares

fuera de la zona objeto de esta investigación, los resultados obtenidos pueden diferir notoriamente.

6.1. RECOMENDACIONES

- Con base en los resultados que se obtuvieron durante la realización de este proyecto, se recomienda que en todo proceso físico de planificación territorial local que se pretenda desarrollar en el corregimiento de San José de Oriente, se tomen en cuenta las áreas críticas presentadas en este estudio, observando y respetando las zonas susceptibles muy alta y alta, con el fin de mejorar y preservar los proyectos y obras encaminados a la búsqueda del desarrollo físico espacial de dicho entorno.
- Prevenir al máximo los factores de deterioro ambiental entre ellos la deforestación de zonas de alta pendiente, por el contrario, se incita a reforestar aquellas áreas desprovistas de vegetación, mediante la siembra de coberturas nativas protectoras, sobre todo en aquellos sectores de las principales cuencas y microcuencas que se encuentran altamente intervenidas, entre ellas, la cuenca del río Chiriamo, y Magiriamo para proteger las laderas del proceso de erosión y así evitar la formación de fenómenos de remoción en masa futuros; para lograrlo se deberá recurrir a la normatividad ambiental que rige en Colombia en torno a la protección de ecosistemas terrestres.
- Se recomienda a la administración municipal de La Paz, a través de la oficina de planeación, UMATA y control ambiental u otro ente designado, contemplar la posibilidad del monitoreo de las áreas que en este estudio se clasificaron como amenaza relativa muy alta y alta, ello con el fin de tomar medidas de prevención, de control y mitigación para dar aviso temprano a las comunidades sobre posibles eventos de fenómenos de remoción en masa que puedan ocurrir en el corregimiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adame Rivera, L. M. (2013).* Urbanismo vulnerable a los procesos de remoción en masa en el municipio de San Pedro Garza García, Nuevo León (México). *San Nicolás de los Garza* .
- Aguilar , J. R. (s.f.).* Manejo de desastres. *Malaga, España.*
- Alcantara Ayala, I. (2000).* *Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología.* SciELO Analytics.
- Araujo, C. D. (2017).* Análisis Y zonificación de áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa en el casco urbano de Manaure, departamento Del Cesar. *valledupar.*
- Ayala, R. C.-I. (2004).* Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. *Puebla - Mexico.*
- Blue Marble GEOGRAPHICS. (2017).* Guia de iniciacion rapida Global Mapper, version 18.0.
- Bolaño Saurith, P. (16 de junio de 1998).* *Pueblo Bello, en observacion por deslizamientos.* EL TIEMPO.
- Carranco, A. (2013).* Modelo de determinación a priori de amenaza de deslizamientos en grandes áreas utilizando indicadores morfodinámicos, MÉTODO DE MORA-VAHRSON.
- Castro, G. (2016).* Identificacion de zonas suceptibles a deslizamientos en el departamento del Cesar. *Valledupar.*
- Cuervo, G. V. (9 de Abril de 2017).* *Cambio climático y lluvias, entre las causas del desastre de Mocoa.* EL TIEMPO.
- Duque , G. (2014).* Manual de geologia para ingenieros . *Bogota.*
- EOT. (2013).* Esquema de ordenamiento territorial del municipio de La Paz, Cesar. *La Paz.*
- EPOCH. (1993).* The Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community. Reino Unido: Flageollet.
- esri. (s.f.).* ArcGIS. *Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/home/>*

- esri. (s.f.). ArcMap: guía de inicio rapido de ArcGIS 10.3 for Desktop. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/tools/a-quick-tour-of-geoprocessing-tool-references.htm>*
- FAO. (2009). Analisis de sistemas de gestion del riesgo de desastre. Roma.*
- Flores, A. (2003). Colombia: evolucion de sus relieves y modelados. Bogota.*
- GEOESTUDIOS LTDA. (2006). Cartografia geologica cuenca Cesar - Rancheria, contrato N° 084 de 2005. Bogota.*
- Gutierrez Elorza, M. (2008). Geomorfologia. Prentice-Hall.*
- IDEAM. (2002). Unidades geomorfologicas del territorio Colombiano. Bogota .*
- IDEAM. (2010). Movimientos en masa dañinos ocurridos en Colombia durante el Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) 1999 - 2000. Bogota.*
- IDEAM. (2014). Atlas climatologicos de colombia. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/>*
- INGEOMINAS. (2010). Cartografia geologica y muestreo geoquimico de la parte norte de la Serrania el Perija, planchas 21, 22, 27, 28, 34 Y 35. Bogota.*
- Instituto Colombiano de Geologia y Minería INGEOMINAS. (2003). Zonificación de la amenaza por deslizamientos del casco urbano del Municipio de Dolores Tolima. Bogota.*
- Instituto de hidrogeologia, meteorologia y estudios ambientales IDEAM. (2002). Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. Simposio Latinoamericano de control de la erosion. Bogota.*
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.). INEGI. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/gps.aspx?dv=c1>*
- Juarez, E. (s.f.). Mecanica de suelos, flujos de agua en suelos. Limusa.*
- Martinez Rubiano, M. (2015). La construcción del conocimiento científico del riesgo de desastre; epistemologia, teorías y metodologia de los estudios desde una perspectiva geografica. Bogota.*
- Medina Cajamarca, L. (2014). Automatización del trazado de geformas del relieve mediante sistemas de información geográfica, a partir de un modelo digital de terreno. Cuenca, Ecuador.*

- Mergili, M., Marchant, C., & Moreiras, S. (2015). Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. Revista Colombiana de geografía.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). MINAMBIENTE. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>*
- Ministerio de Minas y Servicio Geológico Colombiano. (s.f.). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.*
- Mora Chinchilla, R. (2014). Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. San José, Costa Rica.*
- Murcia, J. D. (s.f.). Proyectos formulación y criterios de evaluación. Alfaomega.*
- Neuhaus Wilhelm, S. (2013). Identificación de factores que limitan una implementación efectiva de la gestión del riesgo de desastre a nivel local, en distritos seleccionados de la región de Piura. Lima, Perú.*
- NGRD Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - Colombia. (24 de Abril de 2012). Normatividad. Obtenido de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Normatividad.aspx>*
- Nichols, G. (s.f.). Sedimentology and Stratigraphy, segunda edición . Wiley-Blackwell.*
- Niemeyer, H. (2008). Geología estructural. RIL editores.*
- Núñez García, A. (1992). Teoría del GPS. En La nueva era de la topografía.*
- Omar Cardona Arboleda, r. p. (1994). VIVIENDO EN RIESGO: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. tercer mundo editores.*
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (s.f.). MANUAL DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRE PARA COMUNICADORES SOCIALES: Una guía práctica para el comunicador social comprometido en informar y formar para salvar vidas. Lima, Perú.*
- Pacheco, H., & Mujica, S. (2013). Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. Caracas.*
- Pico, J. B. (2006). Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Santander.*

- Portilla Gamboa, M. E. (1999). Evaluación de la Amenaza por Deslizamiento en Málaga, Santander, aplicando la Metodología de los Conjuntos Difusos: Un Tema de Geología Ambiental. Geología Colombiana, volumen 24, 159-176.*
- Ramirez, P., & Alejano, L. (2004). Mecánica de rocas : fundamentos e ingeniería de taludes.*
- Saez, E. (2010). Fundamentos de Geotecnia. Santiago.*
- Servicio Geologico Colombiano. (2015). Memoria explicativa mapa geomorfologico aplicado a movimientos en masa, esc 1:100.000. Plancha 27 - Valledupar. Medellin.*
- SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. (20 de febrero de 2018). Boletines de sismicidad. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co/sismos/sismos/ultimos-sismos.html>*
- Servicio Geologico Colombiano. (s.f.). SIMMA - Sistema de Informacion de Movimientos en Masa. Obtenido de <http://simma.sgc.gov.co/#/>*
- Servicios y Proyectos del EBRO S.A. (2011). Elaboracion de los mapas de susceptibilidad de movimientos de ladera, colapsos, vientos fuertes e inundaciones esporadicas en Aragon.*
- Sosa, Senticala, N. L. (2016). Analisis de susceptibilidad a los peligros geologicos por movientos en masa - poblados de Pampamarca y Acobamba, region Huanuco. Puno - Peru.*
- Suarez Diaz, J. (s.f.). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de investigaciones sobre erosion y deslizamiento.*
- Suarez, J. (2008). Capítulo 13 "ZONIFICACION DE SUSCEPTIBILIDAD, AMENAZA Y RIESGO". Bucaramanga.*
- Suyo Pomalia , J. P. (2013). Manual en español de ArcGIS 10, nivel intermedio. Tingo Maria, Peru.*
- UIS, grupo de investigacion en geologia de hidrocarburos y carbonos. (s.f.). Inventario interpretacion y evaluacion integral de la informacion geologica, geofisica y geoquimica de la cuenca Cesar - Rancheria y el area especial Cesar. Bucaramanga.*
- Ujueta, G., & Llinas , R. (1990). Reconocimiento geologico de la parte mas septentrional de la sierra de Perija. Bogota.*

Vargas Cuervo, G., & Cooperacion Colombo-Alemana . (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Villavicencio: GTZ.

8. ANEXOS

Anexo 1. Formato de captura de información sobre fenómenos de remoción en masa.

- Fecha de captura _____
- Número de identificación del fenómeno de remoción en masa _____
- Tipo de fenómeno de remoción en masa _____
- Ubicación geográfica del fenómeno de remoción en masa _____
- Georreferenciación GPS (proyección conforme de Gauss, Bogotá zone)

<i>Y (Norte)</i>	<i>X (Este)</i>	<i>Altitud (m.s.n.m)</i>

- Descripción general del fenómeno de remoción en masa observado

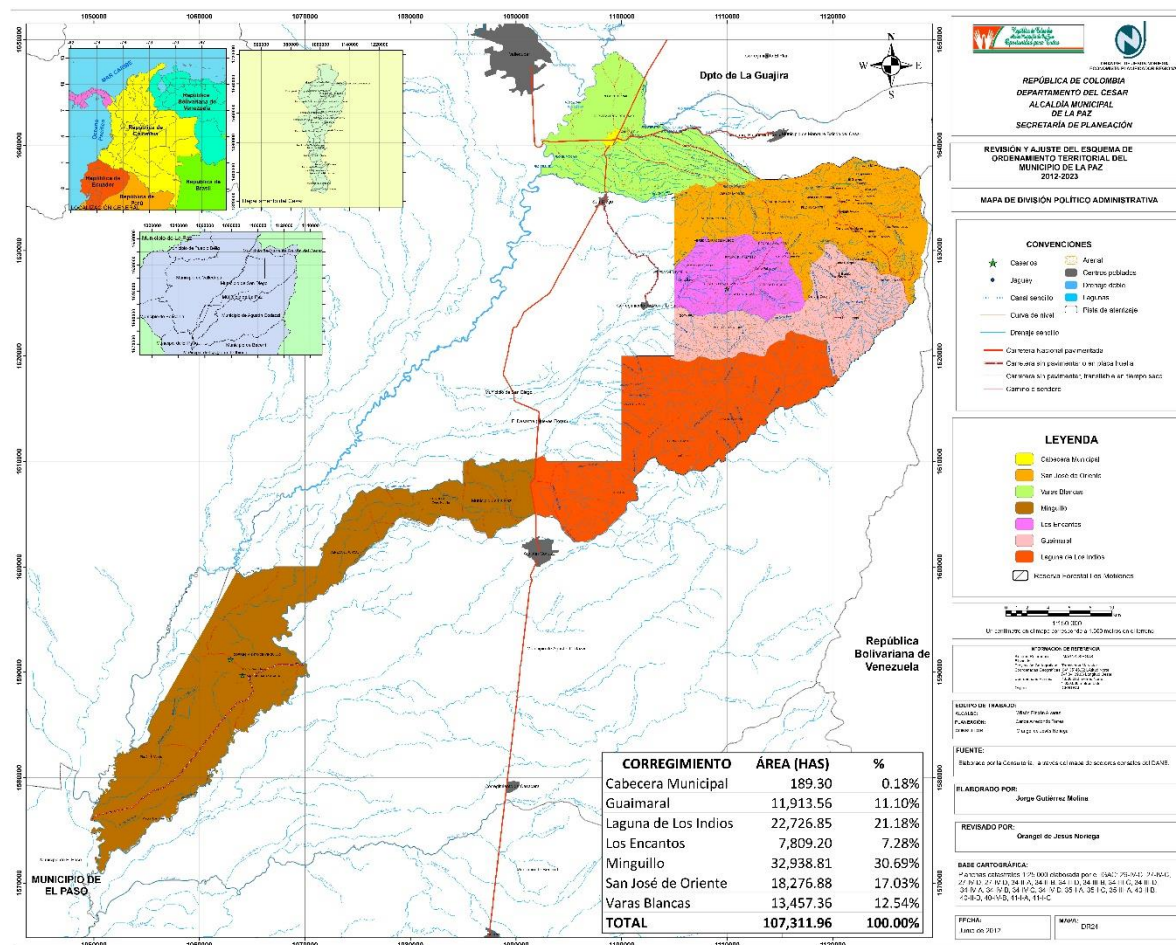
<i>Geología Característica</i>	<i>Geoforma característica</i>	<i>Tipo de Pendiente</i>	<i>Tipo de cobertura y uso del suelo</i>	<i>Presencia de cuerpos de agua</i>	<i>Humedad del material</i>	<i>Tipo de material desplazado</i>	<i>Actividad del movimiento</i>

- Descripción de las principales características morfológicas del movimiento en masa

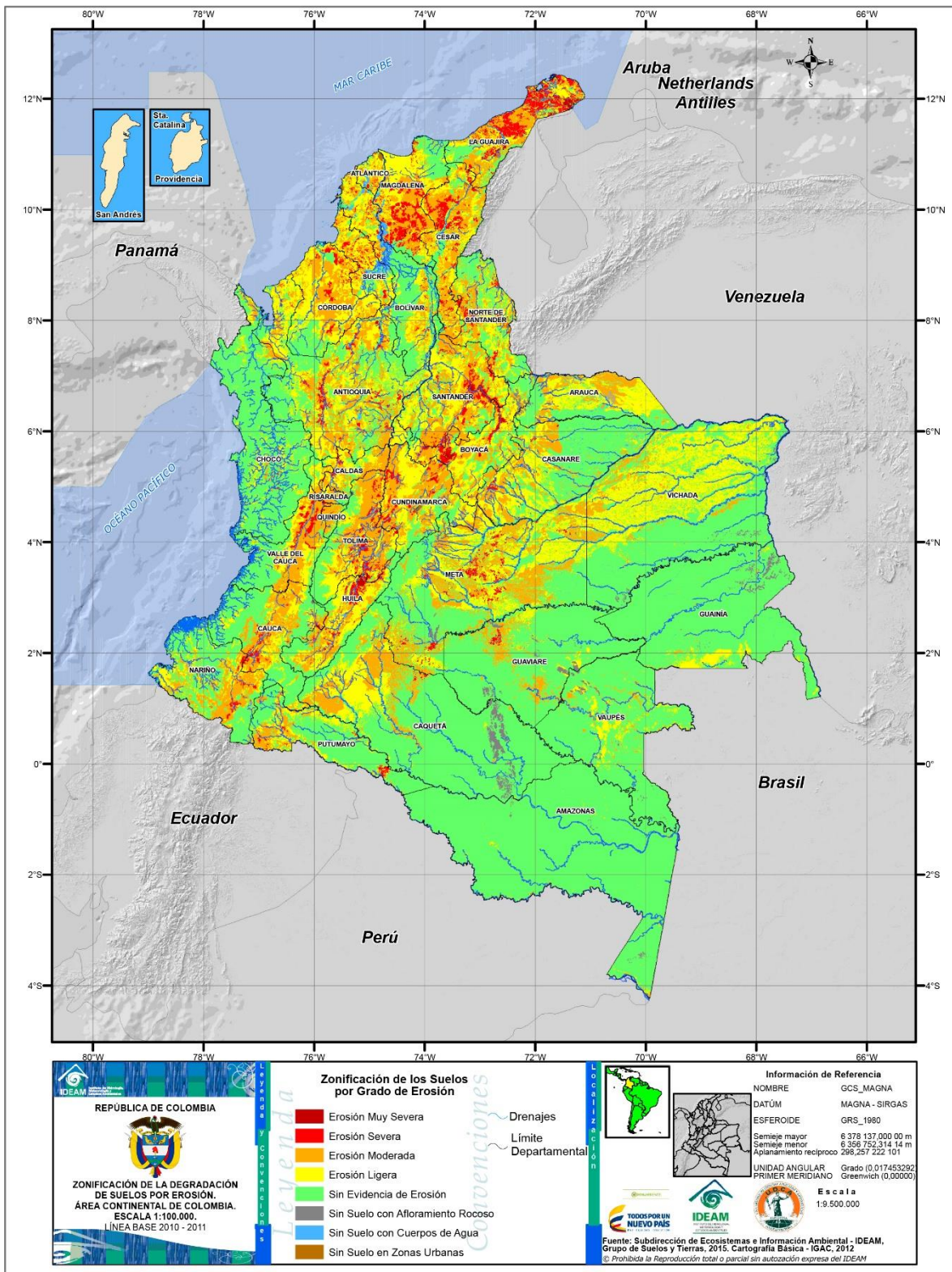
<i>Cabeza</i>	<i>Cuerpo</i>	<i>Pie</i>	<i>Frente o base</i>

- Descripción de posibles factores o causas generadoras del fenómeno de remoción en masa _____
- Efectos y daños causados por el fenómeno de remoción en masa _____
- Registro fotográfico del fenómeno de remoción en masa observado.

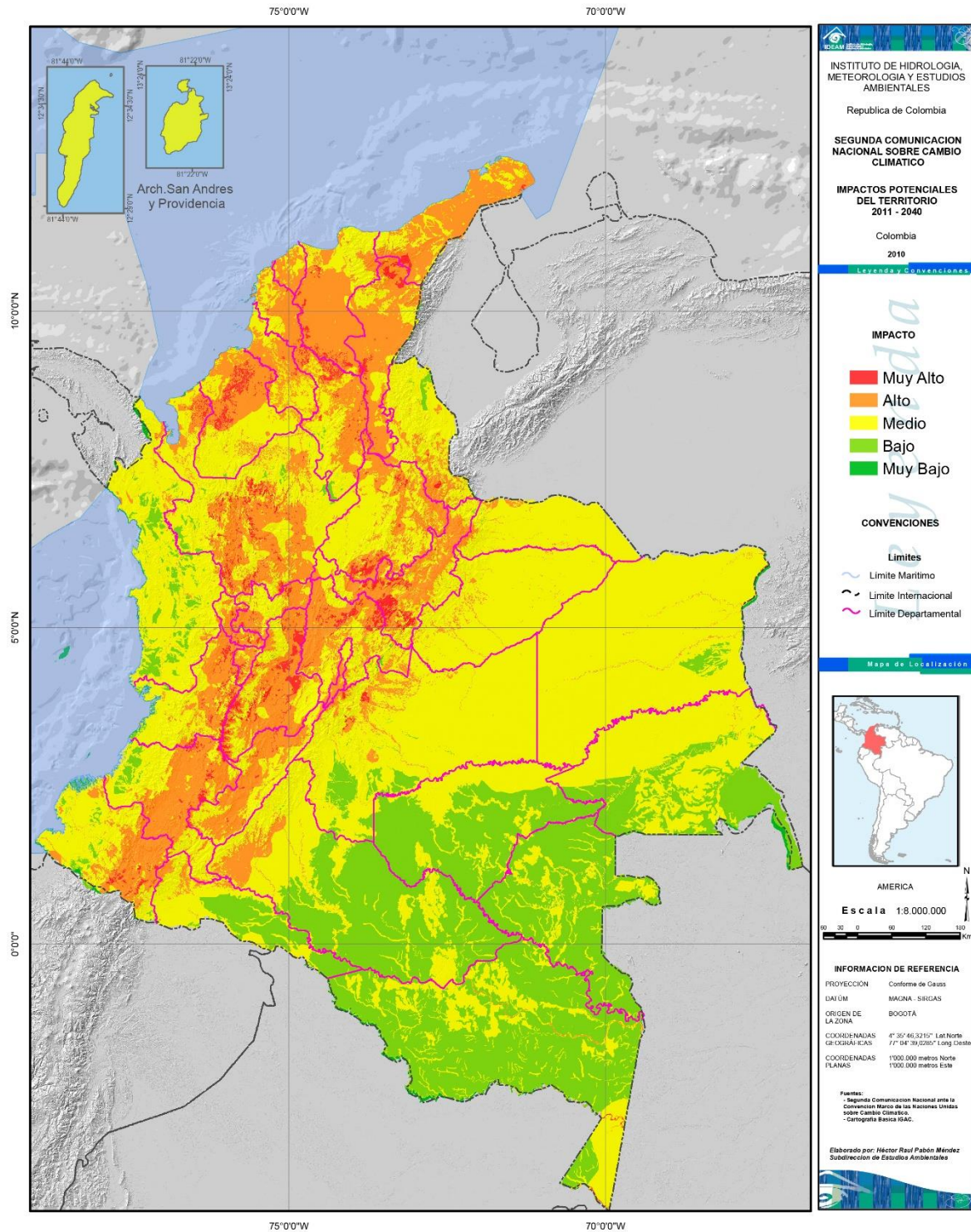
Anexo 4. División política administrativa del Municipio de La Paz.



Anexo 5. Zonificación de la degradación de suelos por erosión. Área continental de Colombia.



Anexo 6. Impacto potencial del territorio Colombiano en el periodo 2011 – 2040.



Anexo 7. Clasificación climática de Koeppen durante el periodo 1981 – 2010.

