

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL  
MUNICIPIO DE SANDONÁ, NARIÑO.**

**JULIETH ALEJANDRA ACHICANOY**

**DANIELA GUERRERO CUPACÁN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**PASTO**

**2017**

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL  
MUNICIPIO DE SANDONÁ, NARIÑO.**

**JULIETH ALEJANDRA ACHICANOY**

**DANIELA GUERRERO CUPACÁN**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Geógrafa**

**Asesor:**

**CARLOS ALBERTO TORRES BURBANO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**PASTO**

**2017**

### **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2017.

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente gracias infinitas a papito Dios por brindarme la bendición de vivir día a día y darme las fuerzas suficientes para continuar en este largo camino de la vida, porque sé muy bien que sin El no llegaría a ningún lado y solo Él es mi compañero de lucha.

Gracias a mi Abuelita Emma López De Burbano por todo su amor, guía y por haberme brindado la oportunidad de realizar mi carrera profesional, porque gracias a ella pude cumplir un sueño y ser una profesional. Te amo.

A mis padres Oswaldo Miguel Achicanoy Y María Crusis Burbano, por ser mi guía y mi apoyo en cada etapa de mi vida, por brindarme su amor, su cariño, sus consejos y estar siempre a mi lado incondicionalmente. A mis hermanas Anyela y Maira y a mi sobrino Estiven, por todo el apoyo que me han brindado de una u otra forma así sea con pequeños detalles, por su cariño y por estar siempre para mí, todos Uds. son mi vida y mi razón de seguir adelante, ¡los amo!

A mi Marido Eduardo Guerra y mi Hija Luisa Estefanía Guerra por ser mi más hermosa bendición, por brindarme su amor, su cariño, su apoyo y los momentos más bonitos de mi vida a su lado, Uds. son mi motivo para salir adelante día a día, Gracias, ¡los amo infinitamente!

A mi amiga, compañera y hermana Carolina Benavidez por todo su amor, su apoyo y amistad sincera durante todos estos años. ¡Te amo!

A mi amiga y compañera de proyecto final, Daniela Guerrero, por toda su paciencia, apoyo, cariño y esa bonita forma de ser, ¡te adoro!

A mi asesor de proyecto Carlos Alberto Torres por toda su paciencia y colaboración, por cada enseñanza, por su cariño y por haber sido además de mi docente, mi amigo.

A todos mis profesores durante la carrera, por sus enseñanzas, su dedicación y toda la entrega para mi formación profesional.

A todas las personas que de una y otra manera aportaron un granito de arena para ayudarme a cumplir mi sueño.

Alejandra Achicanoy Burbano

A papito Dios, porque en sus planes perfectos, me ha regalado esta hermosa victoria de titularme en la profesión que más amo en todo el mundo.

A mis 3 Amores: mi madre Liliana, a mi padre Juan Ignacio y mi hermano Alejo, por apoyarme y respaldarme incondicionalmente en esta aventura académica, por su compañía, amor, y paciencia. Los amo con todo el corazón.

A los profesores que a diario me enseñaron y compartieron conmigo la importancia y belleza de nuestra ciencia geográfica, especialmente al profe Germán Edmundo Narváez Bravo, que más que profesor considero mi amigo, y a quién admiro profundamente. igualmente, a Mario Efraín Pantoja Álava, que, aunque no esté aquí, le agradeceré siempre por impulsarme a seguir leyendo, a apreciar la geografía como el arte que está en todas partes y de todas las formas, y por supuesto al profe Carlos Torres, por asesorar este trabajo final, por su paciencia, y su jocosa forma de ser, y de enseñar.

A mis abuelitos por sus oraciones, a mi tía Lucia Guerrero, gracias a quien fue posible la realización del diplomado en SIG y Gestión del riesgo, y a todos mis familiares, amigos y a ti Blues porque me permiten formar parte de sus vidas, se alegran de mis triunfos, me acompañan y quieren incondicionalmente.

Daniela Guerrero Cupacán

## DEDICATORIAS

*Dedico este logro principalmente a Dios quien es el dueño y guía de mi vida y es quien hoy me permitió llegar hasta este momento.*

*De igual manera a mi familia, mis padres Miguel Achicanoy Y María Crúsis Burbano, mi abuelita Emma López, mis hermanas y sobrino: Anyela, Maira y Estiven, y a mi Marido e hija: Eduardo Guerra y Luisa Guerra Achicanoy. A cada uno de ustedes por que estuvieron a mi lado brindándome su guía, apoyo, amor y fuerzas para seguir adelante y nunca desistir, ¡los amo infinitamente!*

***Alejandra Achicanoy***

*Esta victoria es para ti mi amado Dios, por tu infinito amor, lealtad y misericordia, que todo sea para honrarte y glorificarte, y también para ustedes papás, lo logramos todos juntos.*

***Daniela Guerrero Cupacán***

## **RESUMEN**

La presente información desde el punto de vista geográfico, es para facilitar a la comunidad local y otros tomadores de decisiones el acceso a datos confiables; y la posibilidad de utilizarlos en procesos de ordenamiento y planificación territorial, en la formulación de diferentes planes, tales como el plan municipal de gestión del riesgo de desastres, o el Plan local de emergencias y contingencias; de la misma manera usarla para la formulación y ejecución de diferentes programas y proyectos.



**ABSTRACT**

The present information from the geographic point of view, is to facilitate to the local community and other decision makers the access to reliable data; And the possibility of using them in planning and territorial planning processes, in the formulation of different plans, such as the municipal disaster risk management plan, or the local emergency and contingency Pan; In the same way to use it for the formulation and execution of different programs and projects.

**CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	14
1. PROBLEMA .....	15
1.1 Formulación del problema .....	15
1.2 Descripción del problema .....	15
2. JUSTIFICACIÓN.....	16
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 Objetivo general .....	17
3.2 Objetivos específicos .....	17
4. ANTECEDENTES.....	18
5. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	20
6. MARCO CONCEPTUAL.....	21
7. MARCO LEGAL .....	26
8. METODOLOGÍA .....	26
9. RESULTADOS.....	36
9.1 Caracterización del área de estudio.....	36
9.2 Geomorfología: pendientes .....	38
9.3 Cobertura de la tierra.....	39
9.4 Agrología de suelos.....	40
10. PONDERACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA, DEOMORFOLÓGICA: PENDIENTES, COBERTURA DE LA TIERRA, Y AGROLOGÍA DE SUELOS. ....	42
10.1 Ponderación de variables.....	42
10.2 Ponderación de geología .....	42

10.3 Ponderación geomorfología: pendientes .....	44
10.4 Ponderación cobertura de la tierra.....	45
10.5 Ponderación de indicador suelo-clasificación agrologica .....	46
11. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DEL MUNICIPIO DE SANDONÁ, NARIÑO.....	49
11.1 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por geología.....	49
11.2 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por geomorfología: pendientes.....	50
11.3 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por cobertura de la tierra. ....	51
11.4 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por agrología de suelos.....	53
ANEXOS.....	57

**LISTA DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Normatividad.....	23
Tabla 2. Ponderación.....	43
Tabla 3. Ponderación geomorfología .....	44
Tabla 4. Ponderación cobertura de la tierra.....	45
Tabla 5. Ponderación de indicador suelo-clasificación agrologica .....	46

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Temas para generación del mapa de susceptibilidad a deslizamientos .....	28
Figura 2. Valores de Ponderación de variables .....	29
Figura 3. Ponderación de Litología .....	30
Figura 4. Ponderación de Pendientes .....	31
Figura 5. Ponderación Cobertura de la Tierra .....	32
Figura 6. Ponderación de Agrología del suelo. ....	33

## INTRODUCCIÓN

La susceptibilidad de deslizamientos depende de las condiciones topográficas y geológicas de un área específica y de los eventos ocurridos en el pasado. La gravedad puede mover los materiales térreos sólo cuando es capaz de vencer la resistencia del material que le impide moverse. Es claro, entonces, que cualquier factor que reduzca esta resistencia hasta el punto donde la gravedad pueda intervenir, contribuye al movimiento de masa (recursos naturales, 2004). Para el desarrollo del proyecto se analizaron los siguientes factores; geología, suelos, cobertura de la tierra y geomorfología

Entre los fenómenos naturales existentes en el municipio de Sandona departamento de Nariño, los más perniciosos son los que están relacionados con remoción en masa, por ello es de gran importancia identificar problemas dados por morfo dinámica que afecten tanto infraestructura como población vulnerable.

El proyecto investigativo titulado “Mapa De Susceptibilidad A Fenómenos De Remoción En Masa En El Municipio De Sandona Nariño”, es un trabajo investigativo que apunta al análisis de información de tema físico natural y espacial, tiene como objetivo comprender el comportamiento y dinámica de los fenómenos de remoción en masa, partiendo desde su identificación, evaluación y análisis.

## **1. PROBLEMA**

### **1.1 Formulación del problema**

¿Cuál es la susceptibilidad generada por fenómenos de remoción en masa en el Municipio de Sandoná, Departamento de Nariño?

### **1.2 Descripción del problema**

Según el EOT de Sandoná 2002-2010 Los deslizamientos y el fisuramiento de terreno presentados en el municipio de Sandoná, han sido las causas mayores de pérdidas de cultivos y bienes de los pobladores del municipio, cómo viviendas, vías, infraestructura de servicios públicos, etc.

Dichos fenómenos son la materialización de condiciones de riesgo pre-existentes; las cuales se dan en torno a la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza en este caso se asocia a la susceptibilidad, que es el resultado de la conjugación de diferentes variables en un tiempo determinado, por ejemplo, la pendiente, la litología del área, existencia de fallas, capacidad del suelo, y otras características relacionadas con la acción antrópica sobre el territorio como la cobertura y usos del suelo.

Las variables anteriormente mencionadas, se expresan en escarpes y pendientes muy pronunciadas, la existencia de 3 fallas geológicas que atraviesan el municipio, suelos mal drenados, monocultivos y practicas inadecuadas de cultivos de caña y café, etc; Cuya incidencia en la existencia de fenómenos de remoción en masa es bastante considerable.

En razón de lo anterior, éstas variables han ocasionado según el PMGRD (2015) la consolidación de alto riesgo, principalmente en la zona rural, en los corregimientos de Bolívar, el Ingenio, San Bernardo, sector Altamira- Sandoná y Roma Chaves; y también en la zona urbana, en los barrios de San Francisco, San Jerónimo, y Belén. (p.30).

## 2. JUSTIFICACIÓN

El municipio de Sandoná, es uno de los municipios con más altos registros de reportes de fenómenos de remoción en masa en el departamento de Nariño.

En ese orden de ideas, se justifica, la importancia y la necesidad de adelantar estudios integrales que permitan avanzar en el amplio campo de la gestión del riesgo, con miras al desarrollo, y la seguridad socio territorial.

Puntualmente el presente proyecto investigativo se vincula a la gestión del riesgo en la fase de conocimiento del mismo; y de igual modo a los sistemas de información geográfica cómo principal herramienta que se espera sea de fácil entendimiento para los actores interesados en acceder a la información. Y con el cuál se espera optar al título de Geógrafo de la Universidad de Nariño, en la modalidad de diplomado.

La presente información desde el punto de vista geográfico, es para facilitar a la comunidad local y otros tomadores de decisiones el acceso a datos confiables; y la posibilidad de utilizarlos en procesos de ordenamiento y planificación territorial, en la formulación de diferentes planes, tales como el plan municipal de gestión del riesgo de desastres, o el Pan local de emergencias y contingencias; de la misma manera usarla para la formulación y ejecución de diferentes programas y proyectos.

Finalmente, se pretende que el presente estudio sirva para el desarrollo de futuras investigaciones; que requieran la aproximación al riesgo del área de estudio tomando en cuenta la complejidad de las interacciones entre la amenaza y la vulnerabilidad; e inclusive a la metodología que podría ser adaptada y replicada en otra área de estudio.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, en el Municipio de Sandoná, Departamento de Nariño.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la zona con información geológica, geomorfológica, de cobertura y uso del suelo, y agrología de suelos.
- Ponderar la información geológica, geomorfológica, de cobertura y uso del suelo, y agrología de suelos.
- Establecer las zonas de mayor y menor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, mediante el uso de sistemas de información geográfica.

#### 4. ANTECEDENTES

La importancia del uso de la cartografía y de los sistemas de información geográfica en el análisis de los fenómenos naturales y en especial de los fenómenos de remoción en masa ha sido un tema de gran apoyo en la implementación de los planes de emergencia y en la planificación del desarrollo de las comunidades.

**Antecedentes Nacionales:** Los estudios históricos sobre desastres en Colombia tienen antecedentes que se sitúan muy atrás en la historia del país y demuestran el interés que la sociedad siempre ha manifestado por los efectos de los fenómenos naturales. Sin embargo, fue hasta la primera mitad del siglo XX que las investigaciones empezaron a hacerse de manera sistemática. Se puede considerar al Padre Jesús Emilio Ramírez como el creador de los estudios históricos sobre los desastres en Colombia, aunque el análisis de la obra de Ramírez hace aparecer al Padre Luis Forero Durán como una figura clave, sin duda el inspirador de esa obra y su ejecutor directo en las primeras etapas.

Los fenómenos de la naturaleza que crean situaciones de riesgo para la población colombiana se pueden agrupar en fenómenos geológicos, tales como los terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos; fenómenos hidrometeorológicos, como las inundaciones, sequías, heladas, ciclones tropicales, huracanes y los incendios. En Colombia han ocurrido distintos desastres naturales como:

**DESASTRE DE ARMERO** La catástrofe ocurrió el 13 de noviembre de 1985, producto de varias erupciones de la reactivación del Volcán Nevado del Ruiz acompañadas de numerosos sismos a los cuales se sumaron lluvias torrenciales que causaron rápidos deshielos, el resultado de esto llevo a la conjunción de dos flujos casi simultáneos que descendieron por los cauces de los Ríos Azufrado y Lagunilla. Esta catástrofe causó entre 22.800 y 25.000 muertos, de 4.500 a 5.000 heridos y unos 7.100 a 9.000 sobrevivientes ilesos, pero sin vivienda

**TERREMOTO DE POPAYÁN** Popayán se encuentra en una zona de riesgo sísmico alto. El 31 de marzo de 1983. La ciudad sufrió un sismo de magnitud 5,5 en la escala de Richter; su epicentro fue localizado a 46 km al suroeste y el hipocentro a unos 4 kilómetros de profundidad y su duración fue de 18 segundos. En total, murieron 380 personas, unas 2.000 quedaron heridas y más de 10.000 sin techo

**AVALANCHA DEL RIO PÁEZ** El 6 de junio de 1994 ocurrió un sismo de magnitud 6.3 en la escala de Richter, con epicentro en las faldas del Nevado del Huila, el cual produjo la desestabilización de los terrenos de las zonas aledañas caracterizadas por su formación volcánica, y los suelos saturados de agua de lluvias se desprendieron generando cientos de derrumbes, formando una gran avalancha la cual descendió por el cañón del río Páez. El sismo afectó a toda la región circundante del Nevado del Huila, principalmente a los indígenas nasa, además de causar un saldo de aproximadamente 1000 víctimas mortales.

La Zona Andina del Departamento de Nariño, por sus características biofísicas es inestable y susceptible a presentar eventos de remoción en masa, predominan los materiales de origen fluvial y volcánico, sobre las cuales han actuado procesos erosivos recientes, otro impacto importante son los factores antrópicos como el mal uso de la cobertura del suelo impactados por factores externos como la lluvia.

## **5. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El municipio de Sandoná se ubica al sur-occidente del país, en la subregión centro del departamento de Nariño, a una distancia de 48 km de la capital del Departamento. Sus límites son: al norte con el Municipio de la Florida y el Tambo, al oriente con el Municipio de la Florida, al Sur con el municipio de Consacá, y al occidente con los Municipios de Ancuya y Linares. El área rural se divide en 8 corregimientos y 44 veredas, y el área urbana por su lado, se compone de 20 barrios.

Respecto a la hidrografía, los ríos más importantes del municipio son: El Río Guaitara y el río Chacaguaico, los cuales se componen de 12 quebradas en total.

La temperatura promedio es de 18,1°C y la precipitación media anual es de 1133.7mm/año.

En cuanto a la población, según el censo del DANE (2007) es de 25511 habitantes, de los cuales el 52% es población masculina, y 48% es población femenina. Además, el 43% de la población es urbana, y cerca del 57% rural.

ANEXO 1: MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SANDONÁ A ESCALA  
1:25000

## 6. MARCO CONCEPTUAL

**AMENAZA SOCIO-NATURAL:** Este término se utiliza para aquellas circunstancias en las que las actividades humanas están incrementando la ocurrencia de ciertas amenazas, más allá de sus probabilidades naturales. La evidencia señala que hay una creciente carga de los desastres que ocasionan estas amenazas. Las amenazas socio-naturales pueden reducirse y hasta evitarse a través de una gestión prudente y sensata de los suelos y de los recursos ambientales. (Estrategia Internacional Para La Reducción De Desastres, ISDR, 2009, p.08)

**SUSCEPTIBILIDAD:** hace referencia al “Grado de propensión que tiene una zona a que en ella se genere o resulte afectada por un fenómeno de remoción en masa”. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. Evaluación De Riesgos Por Fenómenos De Remoción En Masa. Bogotá: La Escuela, 2001.p. 18-23 (citado en Jairo Alexander Diaz, 2013, p.24)

**FENOMENOS DE REMOSION EN MASA:** Según la Comisión Colombiana del Espacio este evento lo definen como “todo deslizamiento hacia abajo (vertical o inclinado en dirección del pie de una ladera) de un volumen de material litológico importante, en el cual el principal agente es la gravedad”. Comisión Colombiana Del Espacio (citada en Jairo Alexander Díaz, 2013, p.25)

**GEOLOGIA:** “Ciencia que estudia el origen, formación y evolución de la Tierra, los materiales que la componen y su estructura”. IDEAM (2009)

**LITOLOGIA:** De acuerdo con INGEOMINAS (2009), refleja las características de los diferentes tipos de rocas y depósitos que se agrupan teniendo en cuenta el tipo de roca (ígnea, metamórfica y sedimentaria) así como sus características texturales y sus propiedades geomecánicas”

**PENDIENTE:** “inclinación del terreno que puede observarse en las laderas de las montañas” (Jairo A Díaz, 2013, P. 27)

**COBERTURA DE LA TIERRA:** La "Cobertura" de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005), en un término amplio no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua. (Di Gregorio, 2005, Citado en Coberturas de la tierra IDEAM, <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>)

**SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA:** Según el profesor de Ingeniería Civil y ambiental Paul R. Wolf y el topógrafo Charles Ghilani en su libro publicado como Topografía el termino Sistemas de Información Geográfica (GIS) se define como “un sistema de hardware, software, datos y estructura organizacional para recolectar, almacenar, manipular y analizar especialmente datos georreferenciados y exhibir la información resultante de esos procesos”. WOLF, Paul R. Topografía. Barcelona: Alfaomega, 2009. p. 839 (Citado en Jairo Alexander Dias, 2013,p.38)

## 7. MARCO LEGAL

En Colombia sobre todo en la última década, el gobierno nacional se ha interesado en establecer e implementar políticas que impliquen el estudio de amenazas naturales. Frente a ello La Dirección General Para La Prevención Y Atención De Desastres indica lo siguiente:

“ a raíz de las consecuencias de desastres ocurridos especialmente a partir de la erupción del volcán nevado del Ruiz en 1985, el estado Colombiano busco desarrollar instrumentos y acciones para prevenir y mitigar los riesgos existentes. Fue entonces como se adoptaron estrategias del estado entre las que se destaca la creación de una legislación que permite que el país esté más preparado para afrontar los desastres”. (Ministerio Del Interior, Dirección General Para La Prevención Y Atención De Desastres De Colombia, 2001, Citado en Jairo, A Díaz, 2013, P.55)

Debido a ello se han creado diferentes legislaciones de estado que exponen la normatividad para Colombia que rige en relación al tema de la zonificación de las amenazas y riesgos cuyo contenido se define a continuación:

### *Tabla 1.*

#### *Normatividad*

<b>NORMA</b>	<b>EXPIDE</b>	<b>DESCRIPCION</b>
LEY N° 46 DE 1988 (2 noviembre)	EL CONGRESO DE COLOMBIA	Por la cual se crea y organiza el sistema nacional para la prevención y atención de desastres, determina como objetivos de instituciones públicas y privadas el cumplimiento de funciones, la responsabilidad y manejo oportuno de recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos para la atención de desastres, en las fases de prevención, manejo, rehabilitación y reconstrucción. (Congreso De La República, 1998)

<p>DECRETO 919 DE 1989 (mayo 1o)</p>	<p><i>PRESIDENCIA DELA REPUBLICA</i></p>	<p>Por cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. En él se definen las respectivas responsabilidades y funciones por parte de los organismos y entidades públicas y privadas, en las fases de prevención, manejo, rehabilitación, reconstrucción y desarrollo que pueden dar paso a situaciones de desastre, como resultado al desconocimiento de las amenazas, por esto todo organismo y entidad debe actuar como una unidad activa en la participación de planes, proyectos y programas que permitan dar una definición de las amenazas.( Presidencia De La Republica, 1989)</p>
<p>DECRETO 93 DE 1998 (enero 13)</p>	<p>EL PRESIDENTE DELA REPÚBLICA DE COLOMBIA,</p>	<p>Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. En el cual se establecen determinantes del plan nacional, como su intervención para dirigir y orientar acciones de estado, de la mano con la sociedad, con el fin de prevenir y mitigar situaciones de desastre y riesgo, al igual que atender a las comunidades vulnerables (Presidente DE La Republica,1998)</p>
<p>ART.3 DECRETO 4147 DE 2011</p>	<p>EL PRESIDENTE DELA REPÚBLICA DE COLOMBIA</p>	<p>Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura. Con el fin de mejorar y actualizar el desempeño y direccionamiento del mismo, teniendo una visión integral de gestión del riesgo de desastres, en el cual incluya el conocimiento y la reducción del riesgo y un manejo efectivo de desastres asociados con fenómenos naturales y humanos no intencionales.( Presidente DE La Republica, 2011)</p>



<p>Ley 1523 de 2012,</p>	<p>CONGRESO DE COLOMBIA</p>	<p>Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en esta se definen las responsabilidades e intervenciones de entidades públicas privadas y comunidad en conjunto, en el proceso orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.(Congreso De La Republica,2012)</p>
<p>Decreto 1807 de 2014 (septiembre 19)</p>	<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA</p>	<p>"Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial". (Presidente De La Republica, 2014)</p>

Fuente: Este estudio

## 8. METODOLOGÍA

El presente proyecto investigativo está inscrito en la modalidad de Diplomado en sistemas de información geográfica y gestión del riesgo; ofertado como opción para optar al título de Geógrafa de la Universidad de Nariño. Además, se inscribe en la línea de investigación SIG, Sensores Remotos y Cartografía.

El presente Capítulo tiene como finalidad mostrar 4 fases metodológicas secuenciales que en un orden cronológico darán como resultado el “Mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el Municipio de Sandoná, Nariño”.

El mapa es de susceptibilidad relativa, dado que se basa en factores que se ponderan y se representan en mapas temáticos, que luego se combinan para obtener el mapa de susceptibilidad final.

La escala de trabajo es 1:25000, y la Unidad Mínima de Mapeo es de 2,5 Has.

Las fases metodológicas se expresan así:

### **FASE 1:**

#### **REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.**

Consiste en la identificación, revisión, y depuración de información teórica, y conceptual, cómo también cartográfica a escala 1:25000 del Municipio, la dinámica que conlleva a la generación de los fenómenos de remoción en masa, y metodologías para adaptar al estudio.

#### **Actividades:**

1. Recolección y depuración de información del EOT de Sandoná 2002-2012, el PMGRD (2015), el Plan de Emergencias y Contingencias Municipal de Sandoná (2011), relacionadas con el área de estudio y los fenómenos de remoción en masa en esa unidad territorial específica.

2. Recolección y depuración de cartografía base y temática de Geología, Geomorfología: pendiente, cobertura de la tierra, y agrología del suelo a escala 1:25000.

## **FASE 2:**

### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON INFORMACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA: PENDIENTE, COBERTURA DE LA TIERRA Y AGROLOGÍA DE SUELOS.**

Está fase contiene la caracterización escrita, como también cartográfica de las variables mencionadas.

#### **Actividades:**

1. Descripción del área de estudio en términos básicos, con información obtenida mediante fuentes secundarias, y activación de shapex de drenaje sencillo y doble, curvas de nivel, límites, viviendas, escuelas, y centros poblados, obtenidos del EOT de Sandoná 2002-2010.
2. Descripción del área de estudio con información Geológica, y unidades litológicas obtenida de las fuentes secundarias, y activación de los shapex de cartografía base, y el shape de geología obtenido del EOT de Sandoná
3. Descripción del área de estudio con información de Pendientes, que forma parte de la información geomorfológica del área de estudio. Igualmente, la activación de los shapex de cartografía Base, y el shape de pendientes obtenido del EOT de Sandoná.
4. Descripción del área de estudio con información de Cobertura de la Tierra, conforme a la clasificación de la FAO, y la información secundaria; De la misma manera la activación de los shapex de cartografía base y de cobertura y uso del suelo, del EOT de Sandoná

5. Descripción del área de estudio con información de agrología de suelos, de acuerdo a la clasificación del IGAC, y la información obtenida del EOT de Sandoná; y también la activación de los shapes tanto de cartografía base, como de agrología de suelos, obtenida del EOT de Sandoná.

### **FASE 3:**

#### **PONDERACIÓN DE GEOLOGÍA: PENDIENTE, COBERTURA DE LA TIERRA, Y AGROLOGIA DE SUELOS.**

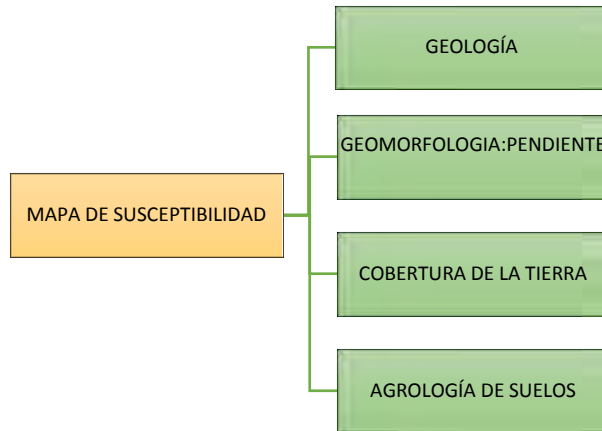
En esta fase se le dan valores numéricos tanto a las variables, como a los atributos de cada variable, con el fin de determinar su mayor, medio o bajo dominio en los fenómenos de remoción en masa. Esta fase contiene 7 actividades que se realizaron mediante Excel y el software Arcgis.

10.4.1.

#### **Actividades:**

1. Adaptación de la Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa, propuesta por el IDEAM, en el año 2012, la cual se construyó con la combinación de las variables geología, geomorfología: pendiente; cobertura de la tierra y agrología de suelos, que a su vez fueron ponderadas mediante la metodología: “Evaluación del peligro por fenómenos de remoción en masa y su aplicación a la planificación territorial”, estipulada por Ramirez (2006).

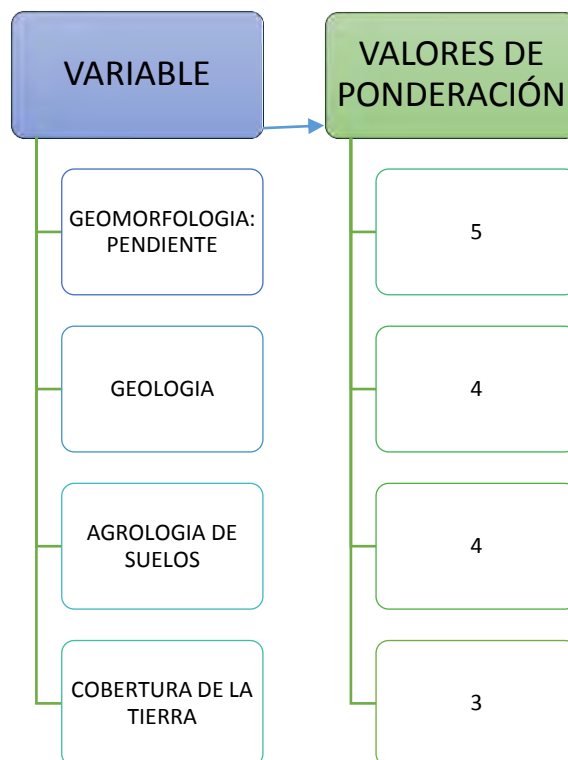
La adaptación de la metodología IDEAM, se hizo de acuerdo a las variables que se muestran a continuación:



**Figura 1. Temas para generación del mapa de susceptibilidad a deslizamientos**

Fuente: Este estudio

Por otro lado la ponderación de cada una de las anteriores variables, se concreta de la siguiente manera:



**Figura 2. Valores de Ponderación de variables**

Fuente: Este estudio

Ponderación de atributos de cada variable: una vez se ha adaptado la metodología propuesta por el IDEAM, Para realizar este ítem de la investigación, se utilizaron 3 metodologías que permitieron darle un valor de importancia a cada uno de los datos contenidos en cada variable; de esta manera se logró adaptar e identificar la influencia de cada uno de los atributos en la conjugación de un fenómeno de remoción en masa, de manera cuantitativa, primeramente en Excel, y después en el software ArcGis versión 10.4.1

Ponderación de Geología: Está actividad se hizo tomando la información geológica del área de estudio, y se ponderó de acuerdo a la metodología del SNGR y se adaptó de la siguiente manera:

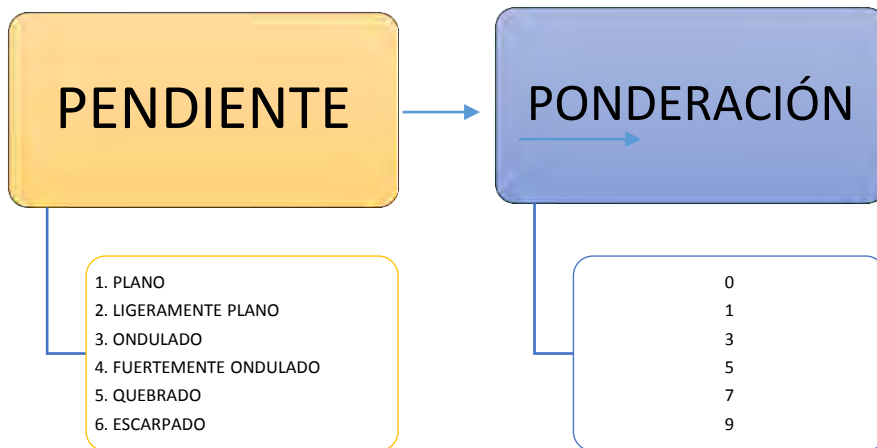


**Figura 3. Ponderación de Litología**

Fuente: Este estudio

La anterior información fue aplicada al área de estudio tomando en cuenta el tipo de rocas ígneas, metamórficas, y sedimentarias, en un rango de 2 para las unidades litológicas con rocas sedimentarias, y metamórficas, y 3 para las rocas ígneas.

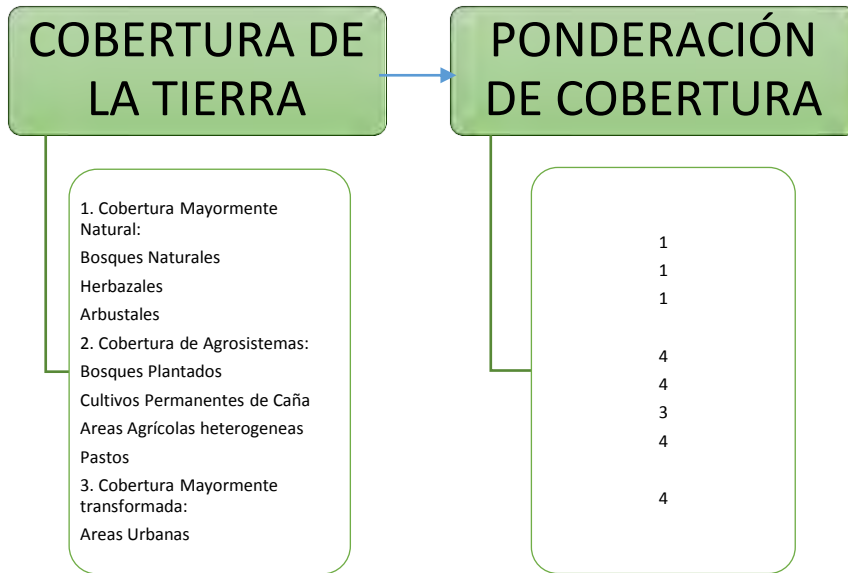
Ponderación de Geomorfología: se consideró la información de pendientes, que es la de mayor importancia respecto a las otras variables, con un rango de 0 a 9. La adaptación se hizo de acuerdo a la metodología “Evaluación y zonificación de riesgos de movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Cocorna), establecida por CORNARE (2012) y que se representan de acuerdo a la siguiente figura



**Figura 4. Ponderación de Pendientes**

Fuente: Este estudio

Ponderación de Cobertura de la tierra: Está actividad se logró con la utilización de la metodología de CORNARE (2012), tomando cómo base la clasificación de la FAO (2006), y la adaptación a la información existente se muestra de la siguiente manera:

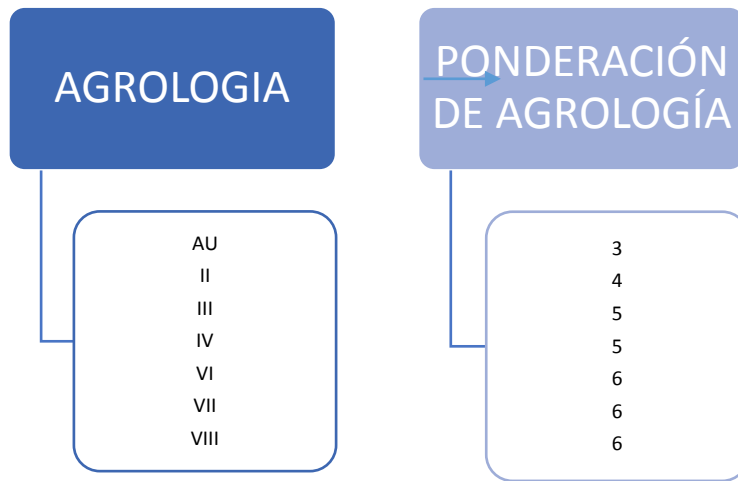


**Figura 5. Ponderación Cobertura de la Tierra**

Fuente: Este estudio

Ponderación de agrología de suelos: Con la clasificación de suelos propuesta por la USDA se generó la ponderación de agrología de suelos, dado que las características de cada clase, permiten analizar su relación con los fenómenos de remoción en masa. Esta actividad se resume a continuación:





**Figura 6. Ponderación de Agrología del suelo.**

Fuente: Este estudio

**Normalización de la Ponderación:** Para la normalización de la ponderación, se sumó cada valor de ponderación de cada variable, y seguido de eso, se dividió cada variable entre ese total, esto con el fin de obtener valores decimales, que se registran en el software Arcgis. La suma total de la fila de normalización es 1,00

**Normalización de Indicadores:** Los indicadores son cada una de las variables que se trabajaron; la normalización, por lo tanto, al igual que la normalización de ponderación consiste en la suma de los indicadores ponderados, y la división de cada uno de ellos por el total, que corresponde a 1,00

**Ponderación Total:** Es el resultado de multiplicar la normalización de la ponderación, por la normalización de los indicadores. El resultado es de tipo numérico, con unidades decimales, que es el valor cuántico de susceptibilidad que se le dará a cada atributo de cada variable.

La información relacionada con las actividades 3,4,5. Se encuentran en el Anexo 1.

Sistematización de la información en ArcGis: En esta actividad final de la tercera fase de la investigación, se agrega a cada shapefile: Geología, geomorfología: pendiente: cobertura de la tierra y agrología del suelo, 2 campos dónde se cargué la ponderación descrita en la actividad 2, y un campo con la ponderación total, descrita en la actividad 5,

Eliminar los polígonos con unidades menores a 2,5 has: considerando que esta unidad es la mínima cartografiable en el mapa, es preciso, hacer una selección por atributos, de las áreas menores a 2,5 hectáreas, y utilizar la herramienta elimínate, de arctoolbox, para borrar los polígonos con área menor a 2,5 has. Primero se seleccionó en input cada shape, y se escogió el lugar de salida del nuevo shape, últimamente se exportó el shape y se guardó.

#### **FASE 4**

### **ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD: MAYOR SUSCEPTIBILIDAD, SUSCEPTIBILIDAD MEDIA, Y MENOR SUSCEPTIBILIDAD.**

Esta fase se realiza directamente en el software Arcgis versión 10.4.1, y contiene 2 actividades:

1. Zonificación de cada variable: esta actividad permitió entender la susceptibilidad de acuerdo a geología, geomorfología: pendientes, cobertura de la tierra y agrología del suelo.

Para el desarrollo de la misma se selecciona propiedades, seguido de simbología, y se categoriza cuantitativamente; para lo cual se escogió el campo ponderación total, y finalmente se agregaron colores, rangos cuantitativos, número de decimales, etc.

2. Mapa de susceptibilidad final: Esta actividad es el resultado final del proyecto investigativo, y consistió en unir los shapes que contenían la información de las ponderaciones, con el uso de la herramienta intersect. De esta manera se creó una sola tabla de atributos con la información de todos los shapes.

A esta nueva tabla se le añadió un nuevo campo denominado Susceptibilidad, dentro del cual se utilizó la calculadora de campo, en la cual se determinó que la susceptibilidad final es el resultado de la suma de la normalización de las ponderaciones.:

## 9. RESULTADOS

### 9.1 Caracterización del área de estudio

(Ver anexo 1)

#### GEOLOGÍA:

La región dónde se asienta el municipio de Sandoná hace parte de la depresión Cauca-Patía, en dónde se describen estructuras generales que tienen rumbos predominantes N10E a N45E.

El sistema de fallas del Patía (Cauca-Patía) corre paralelo al sistema montañoso, de la cordillera occidental, y controla en gran parte el curso de los Ríos Cauca y Patía. PARIS (1990).

Los rasgos tectónicos de fallas del municipio se componen por las fallas: Falla Ancuya- El Peñol, Falla Yumbo, Falla Patía-Guáitara, y la Falla Manchabajoy. MURICA Y CEPEDA (1991).

Por otro lado, en cuanto a la litología de Sandoná, se encuentran 3 tipos de rocas:

- ✓ *Rocas Ígneas:* corresponden a depósitos de Lahar, piroclastos, Lavas, Cenizas e Hipoabizales,

Este tipo de rocas corresponden a la época geológica del Holoceno, y dado que el municipio de Sandoná es parte de los Municipios que componen la circunvalar al Volcán Galeras, este tipo de rocas se han generado por la actividad eruptiva del volcán Galeras.

Los depósitos de Lahar y Piroclastos pertenecen a la unidad geológica TQvlp, y tiene un área de 34 Km<sup>2</sup> del área de estudio y sobre estas unidades se asentó la cabecera municipal, y de igual manera los corregimientos de San Bernardo, Meléndez, Chavez, Roma, San Miguel, El Amparo, San Miguel, San Isidro, La Magdalena, San Isidro, Alto Ingenio, La loma, El Balón, San José, Villa Fátima, El Ingenio, Villa Margarita, Altamira y San Gabriel.

Por otra parte las Lavas y Cenizas, que pertenecen a la unidad geológica TQvl, y TQvlc, ocupan un área de 24 Km<sup>2</sup> del municipio, y se extienden hacia el sur-occidente del municipio, en los corregimientos de El Alto, El Alto Jiménez, Sta. Bárbara, El Pedregal, La loma, Sta., Rosa, y la planada.

Por último, las rocas hipoabisales, que son las unidades más pequeñas, con simbología litológica Th, ocupan 2 Km<sup>2</sup> del territorio sandoneño, y se encuentran hacia el Nor-Oriente y Sur-Oriente, en forma de parches, en cercanía a El Salado, Yumbo, San Bernardo, Chavez, y Roma.

- ✓ *Rocas Sedimentarias*: Este tipo de rocas se depositan en terrazas de la época del Holoceno y formaciones de esmita del Mioceno.

Este tipo de rocas se han generado por la acumulación de sedimentos, transportados y sometidos a procesos de diagénesis, de los ríos Guáitara y Chacaguaico.

Las terrazas se identifican con la unidad litológica Qt, que ocupa un área de 1Km<sup>2</sup>, y se ubica al Sur-Oriente del municipio de Sandoná.

Las formaciones de esmita, que están contenidas en la unidad litológica TMe, tienen una extensión de 16 Km<sup>2</sup>, del área de estudio, y se ubica en cercanía a Villa Alba, El Socorro, San Bernardo, Chupadero, Roma, Eduardo Santos, El Anil.

- ✓ *Rocas Metamórficas*: Corresponden a depósitos del grupo diabásico, del periodo cuaternario, y cretácico.

Estas rocas corresponden a las unidades litológicas, Ku y Kvd, ocupando un área de 14 Km<sup>2</sup>, y ubicadas la primera hacia el Noroccidente de Sandoná y la segunda en el Oriente del municipio.

**(Ver anexo 2)**

## **9.2 Geomorfología: pendientes**

### *Pendiente Plana:*

Este tipo de pendiente se presenta en el Municipio de Sandoná con un porcentaje de 2 a 3%, y tiene una predominancia media en el territorio, con una extensión de 16,1 Km<sup>2</sup>.

### *Pendiente Ligeramente Plana:*

Son pendientes que tienen un porcentaje de 3 a 7%, y es el tipo de pendiente que se presenta en menor cantidad en el municipio de Sandoná, con un área de 2,23 Km<sup>2</sup>.

### *Pendiente Ondulada:*

Las pendientes onduladas poseen un porcentaje de 7 a 12%, y su extensión es más considerable que la ligeramente plana, y la escarpada, pero menor en comparación a las otras, debido a que su extensión total es de 6,6 Km<sup>2</sup>.

### *Pendiente Fuertemente Ondulada:*

Gran parte de los corregimientos y asentamientos humanos se encuentran establecidos en este tipo de pendiente. Su porcentaje es de 12 a 25%, Su predominancia en el área de estudio es la segunda más significativa, con un área total de 32,5 Km<sup>2</sup>.

### *Pendiente Quebrado:*

La mayoría de los corregimientos y asentamientos humanos se encuentran sobre este tipo de pendiente, debido a que es el tipo de pendiente que tiene la mayor predominancia en el Municipio de Sandoná. Tiene porcentajes de 25 a 50%, y su extensión es de 36,6 Km<sup>2</sup>.

**(Ver anexo 3)**

### 9.3 Cobertura de la tierra

Las coberturas de la tierra encontradas en el municipio de Sandoná son de 3 tipos:

- ✓ *Coberturas Mayormente Naturales:* hace referencia a coberturas de bosques naturales, herbazales, y Arbustales, que ocupan una extensión de 21 Km<sup>2</sup>.

La cobertura de bosques naturales es de un área de 7 Km<sup>2</sup>, con una baja representatividad en el área de estudio, Se presenta en formas de parches principalmente en la parte centro occidental del municipio.

De igual manera la vegetación herbácea y arbustiva, tiene una extensión de 7 Km<sup>2</sup> y 7 Km<sup>2</sup> respectivamente, con una representatividad baja en el Municipio.

- ✓ *Cobertura de Agrosistemas:* Incluye las coberturas de cultivos permanentes de caña, áreas agrícolas heterogéneas, y pastos, ocupando 80 Km<sup>2</sup>, de Sandoná.

De manera puntual la cobertura de cultivos permanentes de caña, ocupan una área de 12 Km<sup>2</sup>. Además, este tipo de cobertura se ubica al oriente del Municipio, con predominancia en la zona Nor-Oriental.

Las áreas agrícolas heterogéneas Corresponden a 23Km<sup>2</sup>, en las cuales se desarrolla actividades agrícolas de manera tradicional. Este tipo de cobertura de la tierra cubre la zona Oriental, y Centro-Oriental de Sandoná, y algunas partes cercanas a áreas naturales hacia al occidente del Municipio.

En último lugar dentro de esta clasificación, los pastos, tienen una extensión de 45 Km<sup>2</sup>, y consolidándose, por ende, en el tipo de cobertura más significativa en el Municipio de Sandoná. Los pastos se ubican al Occidente del Municipio de Sandoná, en cercanía a los cultivos permanentes, y la cobertura de bosques naturales.

- ✓ *Cobertura Mayormente Transformada*: En esta categoría de clasificación de la cobertura de la tierra, se identifica las áreas urbanas, cuya extensión es de 1 Km<sup>2</sup>. Y hace referencia a la zona urbana.

(Ver anexo 4)

#### 9.4 Agrología de suelos

La agrología de los suelos del Municipio de Sandoná contiene las siguientes categorías:

- ✓ *Áreas Urbanizadas (Au)*: Contiene el centro urbano del Municipio de Sandoná, y ocupa un área de 1Km<sup>2</sup>.
- ✓ *Clase II*: Está clase de suelo, sólo se da a una extensión de 1 Km<sup>2</sup>, y se ubica al Nor-Occidente del Municipio de Sandoná, cerca de Villa Fátima.
- ✓ *Clase III*: Se extiende en 6Km<sup>2</sup> de Sandoná, y se ubica principalmente al Oriente, y en menor cantidad en Alto Jiménez.
- ✓ *Clase IV*: Se ubica al Occidente del Municipio de Sandoná, y su extensión total es de 14Km<sup>2</sup>, con mayor existencia en el territorio respecto a las clases Au, II, III, y VI. Se ubica en el Occidente del territorio, pero también en el Oriente cerca de San Bernardo, Altamira, San Gabriel y La Joya.
- ✓ *Clase VI*: Está clasificación agrológica, forma parte de los suelos ubicados hacia el Nor-Oriente, y Sur-Occidente del municipio de Sandoná. Además, su extensión total es de 13 Km<sup>2</sup>, con una representatividad media en el área de estudio.
- ✓ *Clase VII*: los suelos con estas características agrológicas ocupan la mayoría del Municipio de Sandoná, Su extensión es de 35Km<sup>2</sup>, y se distribuye por la mayoría del Municipio.



- ✓ *Clase VIII:* Son suelos que se ubican en forma de parches a lo largo del Municipio, en mayor medida en el extremo Sur-Occidental. Ocupan un área de 25 Km<sup>2</sup>, siendo los segundos con mayor representatividad en el área de estudio.

(Ver anexo 4)

## **10. PONDERACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA, DEOMORFOLÓGICA: PENDIENTES, COBERTURA DE LA TIERRA, Y AGROLOGÍA DE SUELOS.**

### **10.1 Ponderación de variables**

En Esta fase se utilizó la metodología del IDEAM de la evaluación multicriterio para sistemas de información geográfica (SIG) denominada Susceptibilidad Fenómenos De Remoción En Masa para lo cual se utilizó información de geología, litología, geomorfología, pendiente, cobertura de la tierra y agrología de los suelos.

Para ponderar cada indicador se tomó en cuenta las variables subyacentes a estos para lo cual se empleó la siguiente metodología:

### **10.2 Ponderación de geología**

Dentro de la ponderación de geología se tomó en cuenta la variable Litología donde encontramos la siguiente clasificación, la cual como se mostró en la metodología, su ponderación se hizo de acuerdo a las rocas; sedimentarias, ígneas y metamórficas.

**Tabla 2.**
**Ponderación**

CLASIFICACION	Descripción	PONDERACION NORMALIZADA	NORMALIZACION DE INDICADORES	PON. TOTAL
<b>TQvlp</b>	(Intercalaciones de Lahares y Cenizas del tipo "ash fall)	0,13		0,03
<b>Qt</b>	(Depósitos Aluviales Aterrazados)	0,08		0,02
<b>Th</b>	(Pequeños stocks de porfiritas dasíticas y andesíticas)	0,13		0,03
<b>Tme</b>	(Intercalaciones de limolitas violáceas, areniscas, areniscas conglomeráticas, y conglomerados polimícticos)	0,08		0,02
<b>Ku</b>	(Pequeños afloramientos de dunitas serpentinizadas)	0,13		0,03
<b>Kv</b>	(Metabasaltos y Metasedimentos, con metamorfismo de las facies ceolitas y prehnita-pumpellita)	0,13		0,03
<b>TQvl</b>	(Macizas, escoriáceas, y en bloques. Son cuarzo-latíandesitas, cuarzo-andesitas, latíandesitas, andesitas, y dacitas de la serie calcoalcalina)	0,13		0,03
<b>TQvlc "</b>	(Lavas cubiertas y/o intercaladas con cenizas del tipo "ash fall" y muy pocas veces del tipo "ash flow	0,13	0,25	0,03
<b>Kvd</b>	(Metabasaltos, metapiroclastitas y algunas intercalaciones de metapelitas y variaciones locales de metagabros a metadiabasas)	0,08		0,02

Fuente: Este estudio

Teniendo en cuenta las características de las rocas y la susceptibilidad de estas frente a la amenaza, se dio una ponderación a la litología, obteniendo como resultado que:

Kvd, Tme, Qt tienen una ponderación de 2, ya que tienen un potencial menor para generar zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa a diferencia de TQvlc , TQvl, Ku, Kv,Th, TQvlp que obtienen una ponderación a 3 al poseer un mayor potencia de susceptibilidad frente a la amenaza.

**10.3 Ponderación geomorfología: pendientes**

Se finaliza con este indicador el cual se clasifico con una variable de pendiente y esta a su vez, se clasifica en 6 variables que son: plana, ligeramente plano, ondulado, fuertemente ondulado, quebrado y escarpado. La ponderación de esta variable se la realizó teniendo en cuenta el tipo de pendiente que hay, las características de cada una de ellas y la susceptibilidad que representan frente al fenómeno de remoción en masa en base a sus características.

**Tabla 3.**

***Ponderación geomorfología***

INDICADOR			PONDERACION NORMALIZADA	NORMALIZACION DE INDICADORES	PON, TOTAL
GEOMORFOLOGIA	PENDIENTE	Plano	0	0,31	0
		Ligeramente Plano	0,04		0,01
		Ondulado	0,12		0,04
		Fuertemente Ondulado	0,2		0,06
		Quebrado	0,28		0,09
		Escarpado	0,36		0,11

Fuente: Este estudio

#### 10.4 Ponderación cobertura de la tierra

Para esta ponderación se clasifico el indicador Cobertura De La Tierra en tres variables: Coberturas Mayormente Naturales, Cobertura De Agro sistemas y Coberturas Mayormente Transformadas, cada una con su respectiva clasificación y se pondero de acuerdo a sus características y la susceptibilidad frente a fenómenos de remoción en masa.

**Tabla 4.**

#### *Ponderación cobertura de la tierra*

INDICADOR	VARIABLE		PONDERACION NORMALIZADA	NORMALIZACION DE INDICADORES	PON. TOTAL
COBERTURA DE LA TIERRA	COBERTURAS MAYORMENTE NATURALES	BOSQUES NATURALES	0,5	0,19	0,01
		HERBAZALES	0,5		0,01
COBERTURA DE AGROSISTEMAS	COBERTURA DE AGROSISTEMAS	ARBUSTALES	0,5		0,01
		BOSQUES PLANTADOS TERRITORIOS	0,14		0,03
		CILTIVOS PERMANENTES (CAÑA)	0,14		0,03
		AREAS AGRÍCOLAS HETEROGENEAS	0,10		0,02
		PASTOS	0,19		0,04
		COBERTURA MAYORMENTE TRANSFORMADAS	AREAS URBANAS	0,29	0,05

Fuente: Este estudio

La clasificación del recubrimiento de la superficie terrestre tanto natural como antrópico, es parte fundamental para el resultado de este estudio ya que nos muestra la acción general de la intervención humana sobre el suelo, siendo las actividades humanas las más susceptibles a producir fenómenos de remoción en masa, como las áreas urbanizadas, cultivos, pastos y áreas

agrícolas, caso contrario con el bosque denso, abierto y rosetales o matorrales que tienen media y baja susceptibilidad por que ayuda a sostener el suelo. Las Áreas de vegetación de composición diversa en diferentes grados de alteración, tales como bosques espinosos, matorrales, así como la presencia de zonas de pastos y cultivos desencadena otros efectos de gran importancia como lo es la acción de procesos erosivos por aumento de la correntia superficial.

**10.5 Ponderación de indicador suelo-clasificación agrologica**

Dentro de este indicador se clasifico una variable primaria y de esta, siete variables más, las cuales se ponderaron de acuerdo a sus características y susceptibilidad frente al fenómeno de remoción en masa

*Tabla 5.*

*Ponderación de indicador suelo-clasificación agrologica*

CLASIFICACION	CARACTERISTICAS	PONDERACION NORMALIZADA	NORMA DE INDICADORES	PONDERACION TOTAL
Au	Áreas urbanizadas	0,17		0,04
II	Esta clase la integran suelos sujetos a limitaciones moderadas en el uso. Presentan un peligro limitado de deterioro. Son suelos buenos. Pueden cultivarse mediante labores adecuadas, de fácil aplicación.	0,9		0,02
III	Los suelos de esta clase se hallan sujetos a importantes limitaciones en su cultivo. Presentan serios riesgos de	0,11		0,03

	deterioro. Son suelos medianamente buenos. Pueden cultivarse de manera regular, siempre que se les aplique una rotación de cultivos adecuada o un tratamiento pertinente. Sus pendientes son moderadas, el riesgo de erosión es más severo en ellos y su fertilidad es más baja.		
IV	Esta clase está compuesta por suelos con limitaciones permanentes y severas para el cultivo. Son suelos malos. Pueden cultivarse ocasionalmente si se les trata con gran cuidado. Generalmente deben limitarse a cultivos herbáceos. Los suelos de esta clase presentan características desfavorables. Con frecuencia se hallan en pendientes fuertes sometidos a erosión intensa. Su adecuación para el cultivo es muy limitada.	0,14	0,04
VI	Los suelos de esta clase deben emplearse para el pastoreo o la silvicultura y su uso entraña riesgos moderados. Se hallan sujetos a limitaciones permanentes, pero moderadas, y no son adecuados para el cultivo. Su pendiente es fuerte, o son muy someros. No se debe permitir que el pastoreo destruya su cubierta vegetal.	0,14	0,04
VII	Los suelos de esta clase se hallan sujetos a limitaciones permanentes y severas cuando se emplean para pastos o silvicultura. Son suelos situados en pendientes fuertes, erosionados, accidentados, someros, áridos o inundados. Su valor para soportar algún aprovechamiento es mediano o pobre y deben manejarse con cuidado.	0,17	0,04

0,25

VIII	<p>Los suelos de esta clase no son aptos ni para silvicultura ni para pastos. Deben emplearse para uso de la fauna silvestre, para esparcimiento o para usos hidrológicos. Suelos esqueléticos, pedregosos, rocas desnudas, en pendientes extremas, etc.</p>	0,17		0,04
------	--	------	--	------

Fuente: Este estudio



## **11. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DEL MUNICIPIO DE SANDONÁ, NARIÑO.**

### **11.1 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por geología.**

La zonificación de tipo cuantitativa se hizo para definir las áreas de mayor y menor susceptibilidad.

La primera zonificación se hizo respecto a la geología, con el uso de la ponderación de cada atributo, y la ponderación total del mismo. En ese orden de ideas, se clasificó las unidades litológicas con rocas sedimentarias y metamórficas con un valor de 2, que normalizado corresponde a 0,2, y con el que se obtuvo la definición de áreas con menor susceptibilidad.

La susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa de acuerdo a las unidades litológicas con las características anteriormente mencionadas. La susceptibilidad resultante ocupa un área de 31 Km<sup>2</sup>. Se ubican a lo largo del Oriente del Municipio de Sandoná, en los límites con la falla de Yumbo, y a este tipo de susceptibilidad se exponen las veredas de El Socorro, Chupadero, Eduardo Santos, y el Anil.

Por otro lado, las unidades litológicas relacionadas con Rocas Ígneas se ponderaron con el valor 3, y normalización 0,3, cuya representatividad en el área de estudio es concerniente a zonas de susceptibilidad Mayor.

La susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa de acuerdo a unidades litológicas con características de rocas ígneas, tiene una extensión de 64 Km<sup>2</sup>, lo que indica que la mayoría del territorio está expuesto a una mayor susceptibilidad, de manera detallada, las veredas: El Salado, Villa Alba, Yumbo, El Tambillo, Paraguay, San Bernardo, Villa Margarita, El Ingenio, Villa Fátima, San Gabriel, Altamira, La Joya, Melendez, Chavez, Roma, San Miguel, El Amparo, San Isidro, La Magdalena, El Balón, Alto Jimenez, Alto Ingenio, San José, Sta. Rosa, La Loma, El Pedregal, Sta. Barbara y la Planada.

En conclusión, la litología que predomina es la de rocas ígneas, que a su vez es mayormente susceptible y se extiende en la mayoría del territorio, en un rango de ponderación igual a 0,021 a 0,030. Mientras la susceptibilidad menor es igual a 0,20.

(Ver anexo 6)

### **11.2 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por geomorfología: pendientes**

La segunda zonificación se realizó con relación a las pendientes que forman parte de la geomorfología.

Las pendientes planas, y ligeramente plana se ponderó con 0, por las razones explicadas en el capítulo anterior. Como resultado la ponderación es de 18 Km<sup>2</sup>, y se encuentra en forma de parches a lo largo del Municipio de Sandoná. Este tipo de pendiente muestra una susceptibilidad mucho menor en comparación con las demás.

La pendiente Ondulada se ponderó con un valor de 4, que normalizado es 0,04. Su área total es de 7Km<sup>2</sup>. Por su lado la pendiente de tipo fuertemente Ondulado se ponderó con un valor de 5, que normalizado da como resultado 0,05. El resultado de la susceptibilidad de acuerdo a esta pendiente ocupa un área total es de 33Km<sup>2</sup>, siendo la segunda más representativa del Municipio y cuya susceptibilidad es Mayor que las anteriores a excepción de la pendiente de tipo quebrada y escarpada.

Con relación a la pendiente de tipo Quebrado, se la ponderó con un valor de 7, y normalización 0,07. La extensión de la susceptibilidad es de es de 37 Km<sup>2</sup> siendo la que ocupa mayor cantidad de territorio del Municipio de Sandoná, y a la vez representa una susceptibilidad Mayor que las anteriores a excepción de las pendientes escarpadas.

Por último, la pendiente de tipo Escarpada, se ponderó con un valor de 9, y de manera normalizada de 0.09. La susceptibilidad aplica para 2 Km<sup>2</sup>, los cuales tienen la mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, pero no son bastante grandes en el municipio.

Como resultado de esta zonificación, se puede identificar que la menor susceptibilidad se encuentra en el rango igual a 0 y tiene una representatividad considerable en el área de estudio. La susceptibilidad media corresponde al rango 0 a 0,04 que tiene una baja representación. La susceptibilidad que le sigue en importancia está en el rango de 0,05 con una representatividad alta en el municipio. Y los mayores grados de susceptibilidad se ubican en 0,06 a 0,07, que es el tipo de susceptibilidad con mayor predominio en el municipio de Sandoná, y 0,08 a 0,09 que corresponde a las zonas de mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, pero es la menos representativa en Sandoná.

### **11.3 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por cobertura de la tierra.**

La susceptibilidad de acuerdo a la cobertura de la tierra se hizo tomando en cuenta las categorías de áreas mayormente naturales, cobertura de agro-sistemas, y cobertura mayormente transformada.

En primer lugar, la cobertura mayormente natural, que se compone de bosques, y vegetación de tipo herbazal y arbustiva., se ponderó con un valor de 1, y valor normalizado de 0,01. La susceptibilidad por este tipo de cobertura ocupa 27 Km<sup>2</sup>, e implica la menor susceptibilidad. se ubica en el Sur-Oriente del Municipio y en menor cantidad, en el extremo Sur-Occidental del municipio. A este tipo de susceptibilidad se encuentran expuestas las veredas Tarurco, y El Chupadero, y el área protegida del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

En segundo lugar, la susceptibilidad de acuerdo a la cobertura de agro-sistemas se ponderó de la siguiente manera:

Áreas agrícolas heterogéneas, con una ponderación de 3, y 0,02 normalizada. La susceptibilidad a esta cobertura de la tierra se extiende en 27 Km<sup>2</sup>, y es una susceptibilidad Media, ubicada al oriente del Municipio, y a esta susceptibilidad se exponen las veredas: La Joya,

Melendez, Chavez, Las Delicias, San Miguel, El Amparo, San Isidro, San Bernardo, El Balón, El Tambillo, Bella Vista, El Vergel, y Bolívar.

Cultivos de Caña, con una ponderación de 3, y normalización 0,02. La susceptibilidad a esta cobertura de la tierra es de 1Km<sup>2</sup>, y a este tipo de susceptibilidad se exponen las veredas de El Anil, y Eduardo Santos, ubicadas al extremo oriental del Municipio.

Pastos, con una ponderación de 5 y normalización de 0,03. La susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa de acuerdo a esta cobertura de la tierra se concreta en 45 Km<sup>2</sup>, y es la segunda susceptibilidad mayor en el territorio. y a este tipo de susceptibilidad las veredas: Los Corrales, Las Aradas, Altamira, Villa Fátima, El Alto, San Isidro, Alto Jimenez, Alto Ingenio, La Loma, Sta. Rosa, San José, El pedregal, La Planada, y Sta. Barbara.

En tercer lugar, la susceptibilidad de acuerdo a la cobertura mayormente transformada, que básicamente hace referencia a zonas urbanizadas, que se ponderaron con un valor de 6, y 0,3 normalizadas. Está susceptibilidad equivale a 38Km<sup>2</sup> del área de estudio, y es la mayor susceptibilidad, aplicada al centro urbano del Municipio, y otros centros urbanizados

En razón de lo anterior la susceptibilidad que predomina en Sandoná respecto a la cobertura de la tierra, es la cobertura de pastos en un rango de 0,02 a 0,03, y que es una susceptibilidad bastante considerable. En segundo lugar, la susceptibilidad de acuerdo a las áreas agrícolas heterogéneas, ubicadas en un rango de 0,01 a 0,02, que es medianamente susceptible. Posteriormente se encuentra la predominancia de la susceptibilidad baja que se encuentra en el rango de 0,01, y por último la cobertura de zonas urbanas que presenta mayor susceptibilidad en relación con los fenómenos de remoción en masa, pero ocupa menor cantidad de extensión en Km<sup>2</sup>.

(Ver anexo 7)

#### **11.4 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por agrología de suelos.**

La Susceptibilidad a fenómenos de acuerdo a la agrología de suelos se realizó, obteniendo cómo resultado 4 rangos numéricos, y los resultados son los siguientes:

La clase agrológica II con ponderación de 3, y normalización 0, 02, presenta una susceptibilidad ubicada en la vereda de San Miguel. Su extensión es de 1Km<sup>2</sup>, y representa la menor susceptibilidad del Municipio, encontrada en el rango de 3,00.

Seguido de esta clase agrológica, se encuentra la clase III, con ponderación de 4, y normalización de 0,03. La susceptibilidad asociada a esta clase tiene 6Km<sup>2</sup>, y es una susceptibilidad no tan considerable a los fenómenos de remoción en masa, Además se ubica principalmente al Oriente, y en menor cantidad en Alto Jiménez. Está susceptibilidad se encuentra en el rango de 3,00 a 4,00.

La clase agrológica IV y VI, tienen una ponderación de 5, y 0.034 de manera normalizada. La susceptibilidad relacionada con esta clasificación del suelo equivale a 28 Km<sup>2</sup> del Municipio de Sandoná, por lo tanto en relación con las anteriores clases agrológicas, es mayor su presencia en el área de estudio. Está susceptibilidad se ubica en un rango de 4,00 a 5,00, y corresponde a una susceptibilidad bastante mayor.

Por ultimo las clases de suelo VII y VIII, se ponderaron con un valor de 6, y 0,4 de manera normalizada. La susceptibilidad representa 60 Km<sup>2</sup>, y es la más representativa, en toda el área de estudio. La susceptibilidad ubicada en un rango de 5,00 a 6,00, es la mayor susceptibilidad que hay en el municipio.

(Ver anexo 8)

## CONCLUSIONES

La mayoría del municipio de Sandoná, se encuentra en una zona de susceptibilidad alta y muy alta, debido a la existencia de coberturas de tipo pastos, la predominancia de pendientes en el territorio de tipo quebrada, además la existencia de unidades geológicas correspondientes a rocas ígneas y metamórficas, cuya conjugación influye en que la configuración de fenómenos de remoción en masa en el territorio de manera muy alta.

La ventaja de la utilización de los SIG para el estudio de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, radica en que se puede utilizar una mayor variedad de técnicas de análisis, debido a la velocidad de los cálculos y a que las técnicas complejas requieren la superposición de un número grande de mapas y tablas.

El presente estudio es una herramienta para el municipio en el proceso de la gestión del riesgo, en la fase de conocimiento y comunicación del riesgo, que debe ser una prioridad, dado que la mayoría del municipio se encuentra ubicado en áreas de alta susceptibilidad.

El uso de la evaluación multi-criterio permite tener un conocimiento de la dinámica de los fenómenos de remoción en masa más integral, no obstante, es necesario realizar estudios con el uso de las 4 variables necesarias para llegar a la definición de la amenaza y determinar si los resultados son diferentes a los obtenidos en los mapas de tipo determinístico y susceptibilidad relativa.

**BIBLIOGRAFIA**

- IDEAM. (2012). *Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa*. Recuperado de [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745)
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Recuperado de [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)
- Factores y su valoración para la metodología preliminar de elaboración de mapas de amenaza por inundaciones a escala 1:50.000*. (Sin fecha). Recuperado de <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/SNRG/ATLAS%20B%C3%81SICO%20PRELIMINAR/METODOLOGIA/Metodolog%C3%ADa%20INUNDACIONES.pdf>
- Evaluación de suelos*. (Sin fecha). Recuperado de <http://www.edafologia.net/evaluacion/tema2/agrologicas.htm>
- CORNARE. (2012). *Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Cocorná*. Recuperado de [https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/COCORNA/Informe\\_Cocorna.pdf](https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/COCORNA/Informe_Cocorna.pdf)
- Chinchilla, J.D. (2015). *Determinación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en Gramalote Norte de Santander* (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D.C, Colombia.
- Ramírez, M. R. (2006). *La evaluación del peligro por fenómenos de remoción de masa y su aplicación a la planificación territorial: Ejemplo provincia de Tungurahua* (Tesis de pregrado). Escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador.

CORPONARIÑO. (2008). *Diagnóstico biofísico y socioeconómico municipio de Sandoná (N)*.

Recuperado de

<http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/DIAGNOSTICO%20BIOFISICO%20SOCIO%20ECONOMICA%20DE%20SANDONA.pdf>

Congreso de Colombia. (2 de noviembre de 1988). Ley que crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de desastres. [Ley N° 46 de 1988].

Presidencia de la República. (1 de mayo de 1989). Organización del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. [Decreto 919 de 1989]. DO: 38799.

Díaz, J. A. (2013). *Uso de sistemas de información geográfica SIG para análisis de procesos de remoción en masa dentro de zonas de alta vulnerabilidad, sector ciudad Bolívar, Bogotá* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

IDEAM. (2014). *Coberturas de la Tierra*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>

Ministerio del Interior. (13 de enero de 1998). Adopción del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. [Decreto 93 de 1998]. DO: 43217.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (3 de noviembre de 2011). Creación de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. [Decreto 4147 de 2011].

Congreso de Colombia. (Abril 24 de 2012). Adopción de la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. [Ley 1523 de 2012]. DO: 48411.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (19 de septiembre de 2014). Reglamentación del artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial. [Decreto 1807 de 2014].



## **ANEXOS**

**ANEXO 1. MAPA BASE MUNICIPIO DE SANDONA.**

**ESCALA 1:25000.**

**(MEDIO DIGITAL)**

ANEXO 2: MAPA GEOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE  
SANDONÁ. ESCALA 1:25000.  
(MEDIO DIGITAL)

**ANEXO 3: MAPA DE PENDIENTES DEL MUNICIPIO  
DE SANDONÁ. ESCALA 1:25000.  
(MEDIO DIGITAL)**

**ANEXO 4: MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA**  
**A ESCALA 1:25000**  
**(MEDIO DIGITAL)**

**ANEXO 5: MAPA DE AGROLOGÍA DE SUELOS A  
ESCALA 1:25000  
(MEDIO DIGITAL)**

ANEXO 6: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA POR  
GEOLOGÍA  
(MEDIO DIGITAL)

ANEXO 7: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA POR  
COBERTURA DE LA TIERRA.  
(MEDIO DIGITAL)



**ANEXO 8: ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA  
(MEDIO DIGITAL)**