

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 7</b>

16.

<b>FECHA</b>	miércoles, 9 de diciembre de 2020
--------------	-----------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Girardot
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Parra Martínez	María Lucía	1.110.591.577
Arroyo Tafur	Tania Liseth	1.110.599.445

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Suarez Pulido	Dalia Xiomara

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 7</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

Identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía  
Ingeniero Ambiental

### AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO

30/11/2020

### NÚMERO DE PÁGINAS

25

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Universidad De Cundinamarca	University Of Cundinamarca
2. Ingeniería ambiental	Environmental engineering
3. Sistemas de información geografica	Geographic information systems
3. Arcgis	Arcgis
4. Vías terciarias	Third roads
5. Variables	Variables



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 7</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Los fenómenos de inestabilidad de laderas o procesos de remoción en masa se presentan frecuentemente en zonas de morfología montañosa y escarpada, donde los procesos erosivos y la meteorización son intensos, trayendo como consecuencia el origen de importantes caídos de grandes masas, flujo de detritos y deslizamientos, llegando a constituir riesgos geológicos potenciales para las personas y sus bienes económicos (Campos & Gallardo Amaya, 2016).

Por lo tanto, el presente trabajo se encamina a la identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, siendo desde luego una práctica con la que se busca crear un sistema de información geográfica, teniendo en cuenta variables como pendiente, precipitación, uso y vocación del suelo, al igual que, el componente biofísico del área de influencia en el diseño y construcción de la Placa Huella.

En esta experiencia se crearon mapas haciendo uso del aplicativo ArGis, el cual es una herramienta válida en el sistema de información geográfica que permite la presentación de información a eventos de remoción en masa en sectores previamente determinados.

Slope instability phenomena or mass removal processes frequently occur in areas with mountainous and steep morphology, where erosive processes and weathering are intense, resulting in the origin of large mass falls, debris flows and landslides. becoming potential geological risks for people and their economic assets (Campos & Gallardo Amaya, 2016).

Therefore, the present work is directed to the identification of areas with threat to mass removal events in the tertiary roads of the villages of Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires and Fonda Colombia in Anzoátegui, Tolima, being of course a practice with which it is sought to create a geographic information system, taking into account variables such as slope, precipitation, use and vocation of the soil, as well as the biophysical component of the area of influence in the design and construction of the Footprint Plate.

In this experience, maps were created using the ArGis application, which is a valid tool in the geographic information system that allows the presentation of information on mass removal events in previously determined sectors.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 7</b>

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 7</b>

autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_\_ NO x.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 7</b>

patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.


e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 7</b>



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1 Identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima	Texto
2.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
TANIA LISETH ARROYO TAFUR	
MARIA LUCIA PARRA MARTINEZ	

21.1-51.20

**Identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima**

**Tania Liseth Arroyo Tafur  
María Lucía Parra Martínez**

**Universidad de Cundinamarca  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Ingeniería Ambiental  
Girardot, Cundinamarca  
2020**



**Identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima**

**Tania Liseth Arroyo Tafur  
María Lucía Parra Martínez**

Trabajo de Grado/Modalidad Diplomado  
Para optar por el título de Ingenieras Ambientales

**Asesora:**

Dalia Xiomara Suárez Pulido  
Bióloga  
Magister en Ingeniería Ambiental

**Universidad de Cundinamarca**  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Ingeniería Ambiental  
Girardot, Cundinamarca  
2020

## Tabla de Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>8</b>
1.1 Pregunta problema.....	8
1.2 Formulación del problema.....	8
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivo General.....	11
2.2 Objetivos Específicos .....	11
<b>3. Metodología.....</b>	<b>12</b>
3.1 Fenómenos por remoción en masa.....	13
3.2 Factores intrínsecos o de susceptibilidad.....	14
3.2.1 Geología .....	14
3.2.2 Cobertura vegetal y uso del suelo .....	14
3.2.3 Geomorfológico .....	18
3.3 Factores Externos o de Disparo.....	19
3.3.1 Precipitación .....	19
3.4 Sismicidad.....	19
3.5 Zonificación .....	21
<b>4. Análisis de resultados.....</b>	<b>24</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>28</b>
<b>6. Bibliografía.....</b>	<b>29</b>

### **Lista de Ilustraciones**

<b>Ilustración 1:</b> Zonificación de Amenaza por fenómenos de Remoción en Masa.....	<b>21</b>
<b>Ilustración 2:</b> Mapa N°1 de amenaza de Remoción de la Vereda Fonda.....	<b>24</b>
<b>Ilustración 3:</b> Mapa N°2 de amenaza de Remoción de la Vereda Rio Frio.....	<b>25</b>
<b>Ilustración 4:</b> Mapa N°3 de amenaza y Remoción de la Vereda Santa Bárbara y Buenos Aires...	<b>26</b>

### **Lista de Tablas**

<b>Tabla 1:</b> Fases de la investigación.....	<b>12</b>
<b>Tabla 2:</b> Clasificación Litológica.....	<b>16</b>
<b>Tabla 3:</b> Clasificación cobertura vegetal y uso del suelo.....	<b>17</b>
<b>Tabla 4:</b> Factores Geomorfológicos.....	<b>18</b>
<b>Tabla 5:</b> Valores detonantes de precipitación.....	<b>19</b>
<b>Tabla 6:</b> Valores de sismicidad.....	<b>20</b>
<b>Tabla 7:</b> Zonificación de la zona de influencia.....	<b>22</b>

## **Introducción**

Los fenómenos de inestabilidad de laderas o procesos de remoción en masa se presentan frecuentemente en zonas de morfología montañosa y escarpada, donde los procesos erosivos y la meteorización son intensos, trayendo como consecuencia el origen de importantes caídos de grandes masas, flujo de detritos y deslizamientos, llegando a constituir riesgos geológicos potenciales para las personas y sus bienes económicos (Campos & Gallardo Amaya, 2016).

Por lo tanto, el presente trabajo se encamina a la identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, siendo desde luego una práctica con la que se busca crear un sistema de información geográfica, teniendo en cuenta variables como pendiente, precipitación, uso y vocación del suelo, al igual que, el componente biofísico del área de influencia en el diseño y construcción de la Placa Huella.

En esta experiencia se crearon mapas haciendo uso del aplicativo ArGis, el cual es una herramienta válida en el sistema de información geográfica que permite la presentación de información a eventos de remoción en masa en sectores previamente determinados.

Es importante establecer que identificar las áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas (Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima) es significativo para la firma de ingenieros Unión Temporal de la Placa Huella 2019, porque no solamente recopilan la información para mitigar los riesgos que pueden ocurrir en condiciones atmosféricas determinadas, si no que suministra datos importantes para el diseño y construcción de la Placa Huella; no sin desconocer el valor agregado al interpretar y caracterizar el componente biofísico del área de influencia, situaciones que en su conjunto hacen

posible que la construcción de dicha placa huella sea funcional, garantizada y útil a la comunidad circundante.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Pregunta problema**

¿De qué manera la identificación de áreas de amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires Y Fonda Colombia puede pronosticar futuras alteraciones geográficas y prevenir accidentes?

### **1.2 Formulación del problema**

Los movimientos de remoción de masa son los procesos geomorfológicos por los cuales el suelo, regolito y la roca se mueven cuesta abajo por la fuerza de la gravedad (Ruiz, 2011). Estos eventos en las vías son causados por diversas situaciones, entre estas la alteración de la capa vegetal, fenómenos climáticos (precipitaciones frecuentes en la zona), cortes y excavaciones en el terreno, topografía (lugar montañoso con pendiente) y fallas por erosión (presencia de agua subterránea en el terreno). Lo cual trae consigo efectos tales como la obstaculización del tránsito en estas zonas que impide la circulación de los productos agrícolas de la región, la modificación geométrica del terreno, la afectación del diseño geométrico de la vía, el peligro constante de la vida de los habitantes de la región, el desprendimiento del material terreo y el taponamiento de la vía.

En Colombia, estos movimientos de remoción de masa se presentan con frecuencia, puesto que, es un país que se caracteriza por tener una gran diversidad de accidentes geográficos, ya que, se resalta la presencia de cadenas montañosas que permiten dividir al territorio en una región montañosa al occidente y una región plana al oriente (Instituto distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2020).

En el momento previo de la construcción a la placa huella las situaciones que afectan a la comunidad de la vereda Fonda reflejan la dificultad de movilidad de los campesinos que pierden parte de la productividad de sus cosechas porque no logran comercializarlas en los tiempos pertinentes. En periodos de invierno es difícil la movilidad en la región porque se presentan eventos de remoción en masa frecuentes, razones por las cuales se hace necesario la construcción de la placa huella para superar muchas de las situaciones antes descritas y permitir a la comunidad mejorar su calidad de vida y tener una vía de acceso que facilite y agilice las actividades cotidianas.

Anzoátegui presenta altitudes de 2000 a 3000 m, con precipitaciones de 1500 a 2500 mm y temperaturas de 12 a 18°C. Esta unidad corresponde al tipo de relieve de filas y vigas caracterizado por presentar crestas longitudinales inclinadas, con flancos abruptos de relieve fuertemente quebrado a escarpado y pendientes largas mayores del 50%. Existe erosión ligera ocasionada principalmente por sobrepastoreo, se observan fenómenos de reptación, escurrimiento difuso y deslizamientos. El material parental está constituido por cenizas volcánicas y en algunos sectores escarpados por rocas metamórficas (esquistos).

La vegetación natural ha sido destruida en su mayor parte y las tierras dedicadas a la ganadería extensiva y a la agricultura de subsistencia también (Universidad del Tolima, 2017). En consecuencia, este trabajo se direccionó a la identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, teniendo en cuenta las variables como pendiente, precipitación, uso y vocación del suelo y componente biofísico.

Al ser la mayoría de los casos de remoción en masa causados por fenómenos naturales es importante analizar las zonas para poder pronosticar las consecuencias de los mismos, tal y como se describe en Capra, Lugo y Dávila (2003), cuando en México:



A finales del mes de septiembre y durante la primera semana de octubre de 1999, la Sierra Norte de Puebla fue afectada por algunos miles de procesos de remoción en masa. La depresión tropical número 11 ocasionó lluvias abundantes, con picos máximos entre el 4 y 5 de octubre. El poblado de Zapotitlán de Méndez fue afectado por dos distintos tipos de procesos: 1) deslizamientos superficiales de suelo volcánico y capa vegetal, y 2) deslizamientos profundos de tipo rotacional en lutitas plegadas. (p.95)

Por otro lado, en un área de la Puna argentina, localizada entre los poblados de San Antonio de Los Cobres y Olacapato en la provincia de Salta:

Los principales tipos de movimientos de remoción en masa que se observan en la región responden a flujos de detritos y deslizamientos traslacionales someros. Los principales factores disparadores de estos movimientos en la zona son las precipitaciones y la actividad sísmica, aunque con un claro predominio del primer factor. (Fernández, 2017, p.17)

En este sentido, y teniendo en cuenta los factores físicos previamente mencionados, se creó un sistema de información geográfica mediante la recopilación de una serie de mapas utilizando el aplicativo de ArGis en los que se presentan las áreas susceptibles a eventos de remoción en masa y que permitirán la construcción de una placa huella con criterios de ingeniería que superen los niveles de riesgo que se corre por los movimientos en masa, de tal forma que, la construcción de la placa huella en referencia posibilite no sólo la movilidad y circulación de la comunidad en el área de influencia, si no que garantice su durabilidad y funcionalidad en términos estructurales.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Diseñar un Sistema de Información Geográfica en las áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, para analizar los datos georeferenciados.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las amenazas de eventos de remoción en masa a partir de variables como pendiente, precipitación, uso de suelo y vocación en el área de influencia de la placa huella en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima.
- Caracterizar el componente biofísico del área de influencia de la placa huella en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima
- Desarrollar una sistematización de datos generales sobre los resultados encontrados en la unidad de análisis que ayuden a pronosticar las futuras consecuencias de las amenazas arrojadas por el estudio.

### 3. Metodología

Para la identificación de áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las veredas de Río frío, Santa Bárbara, Buenos aires y Fonda Colombia de Anzoátegui, Tolima, se estableció un flujo de procesos que parten de la captura de información como precipitaciones, uso del suelo, coberturas y modelo de elevación digital del área de estudio, esto a través de geoportales como IGAC, IDEAM, SIAC y de USGS Earth Explorer. Toda esta información se integró para su edición y estructuración en el software ArcGIS 10.0.

Esta investigación se desarrolló a partir de las siguientes actividades:

**Tabla 1**

*Fases de la investigación*

<b>Objetivo general:</b> Diseñar un Sistema de Información Geográfica en las áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, para analizar los datos georeferenciados.	
<b>Objetivo específico</b>	<b>Actividad</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las amenazas de eventos de remoción en masa a partir de variables como pendiente, precipitación, uso de suelo y vocación en el área de influencia de la placa huella en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia</li> </ul>	Elaboración de mapas de amenaza a eventos de remoción en masa con el Software ArcGIS y con la metodología de Mora y Vahrson

<p>en Anzoátegui, Tolima. - metodología de Mora y Vahrson -                  Clasificar la amenaza por deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicas del terreno.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar el componente biofísico del área de influencia de la placa huella en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima.</li> </ul>	<p>Elaboración de tabla con las características biofísicas (Geomorfología, pendientes, precipitación, uso del suelo y vocación) de cada vereda estudiada.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una sistematización de datos generales sobre los resultados encontrados en la unidad de análisis que ayuden a pronosticar las futuras consecuencias de las amenazas arrojadas por el estudio.</li> </ul>	<p>Elaboración de tablas con sus respectivas sistematizaciones de datos generales sobre los resultados encontrados en la unidad de análisis que ayuden a pronosticar las futuras consecuencias de las amenazas arrojadas por el estudio.</p>

### 3.1 Fenómenos por remoción en masa

Para el desarrollo de este análisis se tomó como referente la metodología de Mora y Vahrson, desarrollada en Costa Rica en el año 1993. El propósito de esta metodología es clasificar la amenaza por deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos del terreno. Una de las características de este modelo es la elección de variables organizadas en dos factores, los llamados factores de susceptibilidad (pendientes, litología, cobertura vegetal) y los factores de disparo (actividad sísmica, precipitación). Con ellos, es posible establecer las áreas de deslizamientos (Sandoval y Ruiz, 2017).

A nivel general se puede expresar a través de la siguiente relación matemática:

$$H = SUSC * DISP$$

$$H = EP * D$$

**Donde:**

- H: Amenaza o grado de susceptibilidad a deslizamientos.
- EP: Producto entre los elementos intrínsecos (susceptibilidad).
- D: Producto entre los elementos extrínsecos (de disparo).
- SUSC: Factores de susceptibilidad.
- DISP: Factores de disparo.

La composición de los elementos susceptibles o intrínsecos que incluye geología (Sg), cobertura vegetal, uso del suelo (Sc) y Geomorfológico (Sr), adicionalmente, la sismicidad (Ds) y la intensidad de la precipitación (Dp), son incorporados como factores de disparo o factores externos. De tal forma que, la combinación de estos factores da como resultado la amenaza (H). Tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$H = (Sg * Sc * Sr) * (Ds + Dp)$$

### **3.2 Factores intrínsecos o de susceptibilidad**

#### **3.2.1 Geología**

Luego del estudio de cada uno de los depósitos y formaciones que se encuentran en la zona de estudio y haciendo la comparación con las características de clasificación que establece la metodología Mora & Vahrson, se le asigna un valor numérico al factor de litología conforme lo muestra la tabla N°1 en el campo Factor Sg, haciendo una cualificación específica.

#### **3.2.2 Cobertura vegetal y uso del suelo**

Haciendo uso de una imagen satelital se realiza la clasificación supervisada mediante

una interpretación visual y posterior delineación sobre la imagen creando un *shape* de punto, asignando un valor de identificación según su clase, de tal manera que, la entidad geográfica de una cobertura se identifica mediante un número de entidad único.

**Tabla 2**

*Clasificación Litológica*

LITOLOGÍA	CALIFICACIÓN	FACTOR SG
<p><b>Aluvión:</b> Grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo.</p> <p><b>Calizas:</b> Duras, permeables. Rocas intrusivas: poco fisuradas, bajo nivel freático.</p> <p><b>Basaltos, andesita, ignimbritas y similares:</b> Sanas, permeables y poco fisuradas.</p> <p><b>Rocas metamórficas:</b> Sanas, poco fisuradas, nivel freático bajo.</p>	Baja	1
<p><b>Rocas sedimentarias:</b> Poco alteradas, estratificación maciza, poco fisuradas, nivel freático bajo.</p> <p><b>Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas:</b> Medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático a profundidades intermedias.</p>	Moderado	2
<p><b>Rocas sedimentarias:</b> Rocas intrusivas, calizas duras, lava, Ignimbritas, tobas poco soldadas o metamórficas mediana a fuertemente alteradas. Niveles freáticos relativamente altos.</p>	Medio	3
<p>Aluviones fluvio lacustres, suelos piro clásticos poco compactados, rocas fuertemente alteradas.</p>	Alto	4
<p>Materiales aluviales, coluviales de muy baja calidad.</p> <p>Mecánica, rocas con estado de alteración avanzado, drenaje pobre. Se incluyen los casos 3 y 4 con niveles freáticos muy someros sometidos a grandes hidrodinámicos elevados.</p>	Muy Alto	5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3**

*Clasificación cobertura vegetal y uso del suelo*

<b>Cobertura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Factor Sc</b>
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	<b>Muy Baja</b>	<b>1</b>
Tejido urbano continuo		
Tejido urbano discontinuo		
Zonas industriales o comerciales		
Instalaciones recreativas		
Arbustal denso	<b>Baja</b>	<b>2</b>
Herbazal denso de tierra firme		
Plantación forestal		
Mosaico de pastos con espacios naturales	<b>Moderada</b>	<b>3</b>
Cultivos confinados		
Mosaico de cultivos		
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales		
Pastos enmalezados	<b>Alta</b>	<b>4</b>
Pastos limpios		
Mosaico de pastos y cultivos		
Cultivo de papa	<b>Muy Alta</b>	<b>5</b>
Zonas de extracción minera		

Fuente: Monroy y Prada (2019).



### 3.2.3 Geomorfológico

Se refiere al efecto que tiene la inclinación del terreno como agente pasivo en la susceptibilidad a deslizamientos, se supone que conforme se incrementa la pendiente, la probabilidad de que ocurra un deslizamiento aumenta también.

**Tabla 4**

*Factores Geomorfológicos*

<b>Valor de Pendiente (°)</b>	<b>Calificación</b>	<b>Factor Sr</b>
<b>0-5°</b>	Muy Baja	1
<b>5-15°</b>	Baja	2
<b>15-25°</b>	Moderada	3
<b>25-35°</b>	Alta	4
<b>&gt; 35°</b>	Muy Alta	5

Fuente: Monroy y Prada (2019).

### 3.3 Factores Externos o de Disparo

#### 3.3.1 Precipitación

Al descargar la capa “Precipitación para Colombia (mm) periodo 1976-2005” del geportal del IDEAM se procedió a realizar el recorte del área de estudio y luego se calificó basados en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

*Valores detonantes de precipitación*

<b>Rango Precipitación</b>	<b>Valoración Detonante</b>
0-1000	1
1000-1500	2
1500-2000	3
2000-2500	4
>2500	5

Fuente: Monroy y Prada (2019).

### 3.4 Sismicidad

La metodología Mora y Vahrson clasifica el valor del factor  $D_s$  en 10 rangos teniendo en cuenta los datos de “aceleración pico efectiva” ( $A_a$ ) en la zona de estudio. Para el presente proyecto se trabajó con los datos dispuestos en el estudio general de amenaza sísmica de Colombia desarrollado en 1996 por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), la Universidad de los Andes y el INGEOMINAS (Rodríguez et al., 2013).

Respecto a la anterior, el municipio de Anzoátegui se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia presentando una aceleración pico efectiva de 0.20. Teniendo en cuenta este valor de  $A_a$  de 0.20, se pasa a  $m/s^2$  multiplicando por la aceleración de la gravedad ( $9.81m/s^2$ ) para comparar este número con los rangos establecidos por la metodología Mora y Vahrson y

así lograr un valor para el factor Ds:

$$0.20 * 9.81 \frac{m}{s^2} = 1.962 m/s^2$$

Al verificar este valor en la Tabla 3, éste se encuentra dentro del rango 1,227-2,011, por lo tanto, se clasifica como una intensidad sísmica muy Baja con un factor Ds igual a “1”.

**Tabla 6**

*Valores de sismicidad*

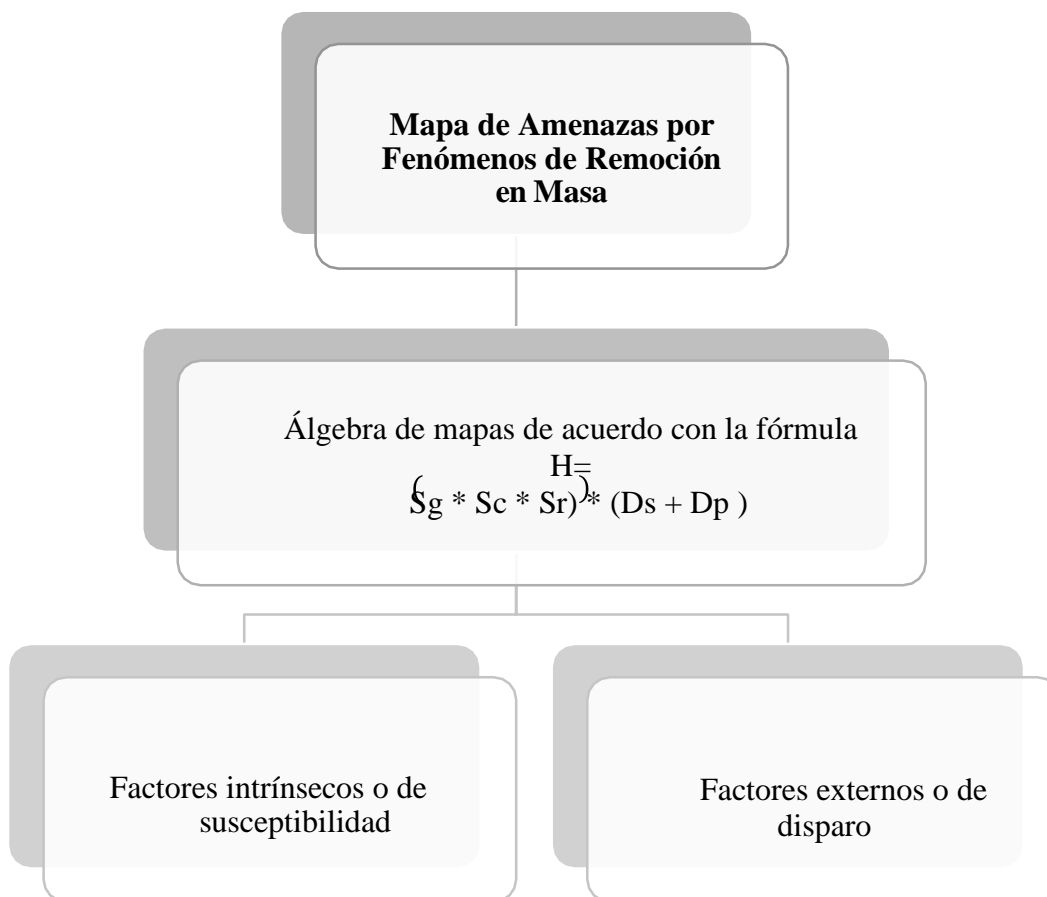
<b>Intensidad MM</b>	<b>Aceleraciones Pico (% g)</b>	<b>Aceleración PGA (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Cualificación</b>	<b>Factor Ds</b>
<b>III</b>	1-12	0,098-1,226	Muy Bajo	1
<b>IV</b>	13-20	1,227-2,011		
<b>V</b>	21-29	2,012-2,894	Bajo	2
<b>VI</b>	30-37	2,895-3,679		
<b>VII</b>	38-44	3,680-4,365	Moderado	3
<b>VIII</b>	45-55	4,366-5,445		
<b>IX</b>	56-65	5,446-6,426	Alto	4
<b>X</b>	66-73	6,427-7,210		
<b>XI</b>	74-85	7,211-8,388	Muy Alto	5
<b>XII</b>	>85	>8,389		

Fuente: Mora y Vahrson (1993).

### 3.5 Zonificación

#### Ilustración 1

*Zonificación de Amenaza por fenómenos de Remoción en Masa*



Fuente: Monroy y Prada (2019).

Una vez identificados los factores (pendientes, sismicidad, precipitación, geología y cobertura del suelo) con el fin de obtener el mapa de Áreas con Amenaza a Eventos de Remoción en Masa en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, se procedió a hacer una zonificación de la zona de influencia con los datos obtenidos, tal y como lo muestra la siguiente tabla (Tabla 6):

**Tabla 7**

*Zonificación de la zona de influencia*

<b>Vereda</b>	<b>Factor</b>	<b>Resultado</b>
<b>Río Frío 1</b>	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	1500-2000mm
	COBERTURA	Bosque Protector Potencialmente Productor(Bpd)
	PENDIENTES (Geomorfología)	5-15°
	SISMICIDAD	0.20
	GEOLOGIA (Litología)	Tonalitas y granodioritas (Batolito de Ibagué)
<b>Río Frío 2</b>	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	1500-2000mm
		Bosque Protector (Bpt)
	COBERTURA	Pasto con rastrojo y/o enmalezado (Prs)
	PENDIENTES (Geomorfología)	5-15°
	SISMICIDAD	0.20
	GEOLOGIA (Litología)	Cenizas volcánicas sobre esquistos
	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	1500-2000mm
	COBERTURA	Bosque Protector Potencialmente Productor(Bpd) Mosaico de Cultivos (Mc)

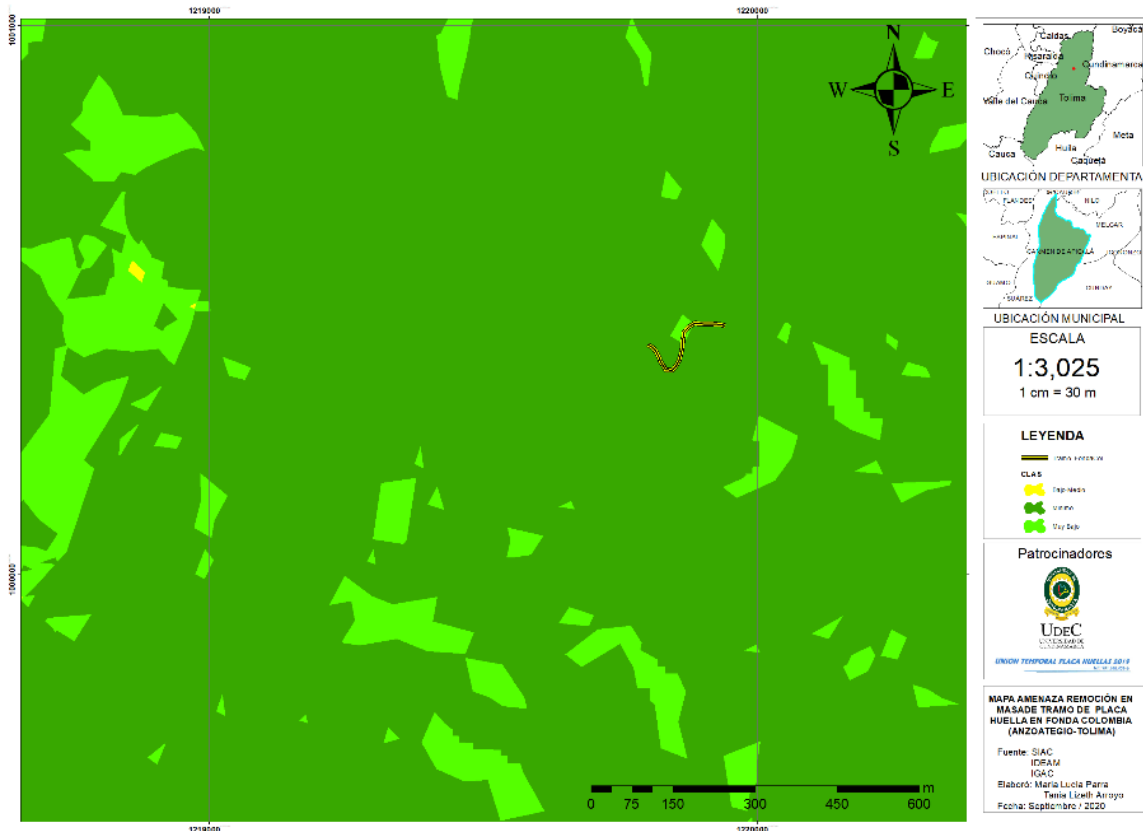
<b>Santa Bárbara</b>	PENDIENTES (Geomorfología)	5-15°
	SISMICIDAD	0.20
	GEOLOGIA (Litología)	Tonalitas y granodioritas (Batolito de Ibagué)
<b>Buenos Aires</b>	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	1500-2000mm Bosque Protector Potencialmente Productor(Bpd)
	COBERTURA	Cultivos permanentes semi-intensivos. (Cps)
	PENDIENTES (Geomorfología)	15°-25°
	SISMICIDAD	0.20
<b>Fonda Colombia</b>	GEOLOGIA (Litología)	Cenizas sobre esquistos
	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	1500-2000mm
	COBERTURA	Mosaico de Cultivos (Mc)
	PENDIENTES (Geomorfología)	15°-25°
	SISMICIDAD	0.20
	GEOLOGIA (Litología)	Tonalitas y granodioritas (Batolito de Ibagué)

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Análisis de resultados

##### Ilustración 2

Mapa N°1 de amenaza de Remoción de la Vereda Fonda



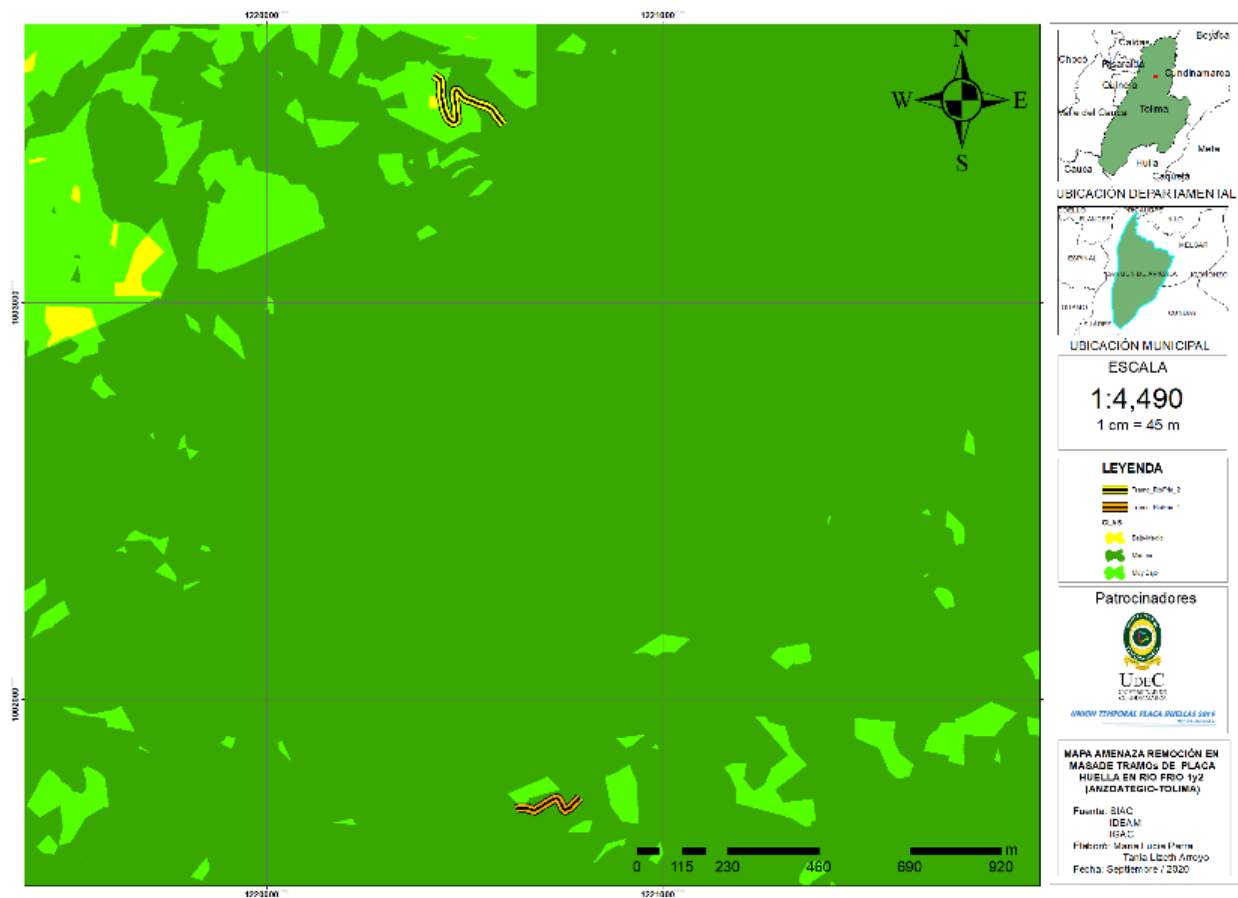
Fuente: Elaboración propia

Se identificaron las áreas con amenaza a eventos de remoción en masa en las vías terciarias de las veredas Río Frio, Santa Bárbara, Buenos Aires Y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, a partir de variables como pendiente, precipitación, uso de suelo y vocación en el área de influencia de la placa huella. En el Mapa N° 1 se puede evidenciar que en el tramo de la placa huella que pasa por la Vereda Fonda Colombia la mayor parte del área se encuentra en situación mínima para un evento de remoción en masa, sin embargo, directamente donde se encuentra el tramo es importante resaltar que el mapa arrojó que hay una probabilidad muy baja para que suceda algún

deslizamiento, dicha probabilidad se da ya que la precipitación promedio en la vereda es de 1500-2000 mm lo que nos quiere decir que se encuentra en un valor detonante 2, que según la tabla N°4 está dentro de los rangos más bajos de los demás, desde luego, sin dejar pasar por alto, es importante resaltar que esa área presenta también una sismicidad de 0.20; lo cual significa que es un valor poco alarmante como se muestra en la Tabla 5.

### Ilustración 3

Mapa N°2 de amenaza de Remoción de la Vereda Río Frío



Fuente: Elaboración propia.

En el mapa N°2 se realizó la identificación de las áreas de riesgo para la vereda Río Frío, dando como resultado probabilidad no alarmante, puesto que, en el área asociada al tramo 1 de la



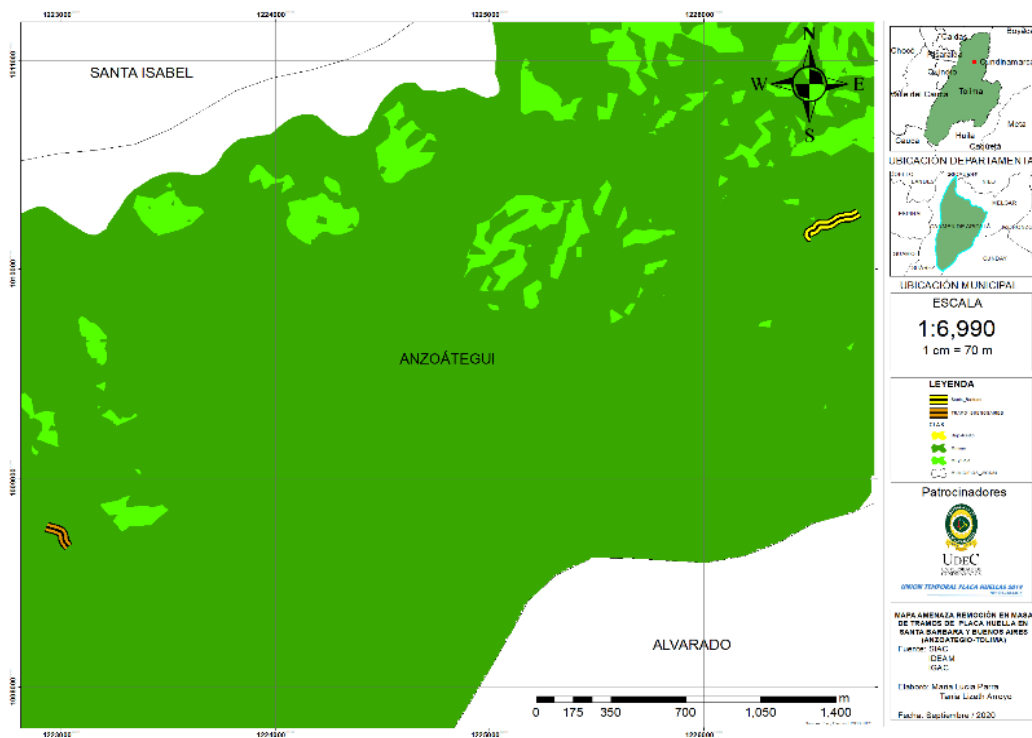
placa huella se presentó una posibilidad muy baja de fenómenos de remoción garantizando así a la unión temporal de la Placa Huella 2019 para poder realizar los procedimientos de elaboración, transporte, colocación y vibrados necesarios para la culminación de la obra.

Para el tramo N°2 de la placa huella en la misma vereda la identificación del área corresponde a una posibilidad media-baja y muy baja a eventos de remoción en masa asegurando así a la empresa encargada de la construcción un área sin riesgo para la ejecución de la obra.

Se resalta que lo anterior se da ya que ambos tramos son similares puesto que sus pendientes, valores de sismicidad y precipitaciones promedio arrojan los mismos valores, tal como lo muestra la tabla N° 6, siendo estas las variables que nos determinan la clasificación de las veredas y sus respectivos tramos.

#### Ilustración 4

Mapa N°3 de amenaza y remoción de la Vereda Santa Bárbara y Buenos Aires



Fuente: Elaboración propia.

Para el mapa N°3 se puede evidenciar que los tramos 1 y 2 se caracterizan por presentar la mínima posibilidad de un evento en remoción en masa, al igual que, para los mapas anteriores, puesto que, sus variables son las mismas. Además, dicha clasificación también se le atribuye a la cobertura que se presenta en el área de influencia de las veredas Santa Bárbara y Buenos Aires, ya que tienen un Bosque Protector Potencialmente Productor (Bpd) lo que impide que se presenten eventos de remoción en masa.

## 5. Conclusiones

- De acuerdo con las características geológicas, sísmicas y naturales, las veredas Río Frío, Santa Bárbara, Buenos Aires y Fonda Colombia en Anzoátegui, Tolima, presentan probabilidad de eventos de remoción en masa bajos o mínimos.
- Para el mapa de la vereda Fonda se concluye que hay una probabilidad de amenaza mínima.
- En el mapa de la vereda Río Frío se evidenció que tienen posibilidades Media-Baja y Muy Baja a eventos de remoción en masa.
- En el mapa N° 3, el cual corresponde a las veredas Santa Bárbara y Buenos Aires, se logró identificar que hay una mínima posibilidad para que ocurra un evento de remoción en masa.
- Finalmente, en la tabla N°6, se evidencia que las variables de precipitación, pendiente, y sismicidad presentan los mismos valores, lo que genera que no haya gran diferencia en la clasificación de las veredas.

## 6. Bibliografía

- Campos, O. A., & Gallardo Amaya, R. J. (2016). Fenómenos de remoción en masa. Acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo. Francisco de Paula Santander Ocaña: Vector.
- Capra, L., Hubp, J. L., & Hernández, N. D. (2003). Fenómenos de remoción en masa en el poblado de Zapotitlán de Méndez, Puebla: relación entre litología y tipo de movimiento. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 20(2), 95-106.
- Corpoica, Cortolima, Sena, & Universidad Del Tolima. (2017). Proyecto plan de ordenación y manejo de la cuenca Hidrográfica mayor del Rio Coello. Ibague: Cortolima.
- Fernández, D. S. (2017). Análisis de susceptibilidad de movimientos de remoción en masa a escala regional en un sector de la Puna Argentina. *Serie correlación geológica*, 33(1), 1-10.
- Instituto distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (29 de Agosto de 2020). Caracterización General del Escenario de Riesgo por Movimientos en Masa en Bogotá. Obtenido de Instituto distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático: <https://www.idiger.gov.co/rmovmasa>
- Monroy, Y. A., & Prada, A. M. (2019). Zonificación De Fenómenos Amenazantes Para La Construcción De Escenarios De Riesgo, Como Herramienta En La Planificación Territorial Del Municipio De Facatativá Cundinamarca. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rodríguez, J., Quintana, C., Rivera, H., & Mosquera. (2013). De análisis Mora y Vahrson: Estudio de Landslide Hazard Zoning In Urban Areas By The Mora & Vahrson Analysis Method : Case Of Study, 13–22.
- Ruiz, D. A. (2011). Evaluación de Amenaza por Deslizamiento con Base en Mapas de Geología y Geomorfología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana .

Sandoval, E., & Ruiz, D (2017). Zonificación de amenazas por deslizamientos a partir del modelo de Mora y Vahrson \* Zoning of hazards by landslides starting from the model Mora and Vahrson, (13), 114–141.