



FACULTAD DE  
CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES



PRACTICAS PROFESIONALES EN LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE  
CALDAS

GLORIA VANESA MEJIA PALLAREZ



CORPORACIÓN AUNTÓNOMAREGIONAL DE CALDAS  
UNIVERSIDAD DE CALDAS  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PROGRAMA DE GEOLOGÍA

2024

PRACTICAS PROFESIONALES EN LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE  
CALDAS



FACULTAD DE  
CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES



TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD DE PRÁCTICA CUYO OBJETIVO ES EL DE OBTENER EL TÍTULO  
PROFESIONAL EN GEOLOGÍA

PRESENTADO POR.  
GLORIA VANESA MEJÍA PALLAEZ

DIRECTOR DE PRÁCTICA  
SANTIAGO CANO BEDOYA

DIRECTOR INSTITUCIONAL  
BLANCA ADIELA RAMÍREZ CORREA

SUBDIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS  
UNIVERSIDAD DE CALDAS  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PROGRAMA DE GEOLOGÍA  
2024

Nota de aprobación



FACULTAD DE  
CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES



Santiago Cano B

---

Santiago Cano Bedoya

Asesor Académico Universidad de Caldas

Manizales, 2024



## Agradecimientos

Culminar con las practicas académicas indica también el final de una etapa, pero el inicio de otra, a partir de aquí comienzo mi trayecto como profesional, con la mente abierta siempre a seguir aprendiendo desde la experiencia y otros saberes, así como también a ejecutar lo aprendido hasta este punto durante mis funciones como geóloga. En primera instancia agradezco a mis padres por enseñarme siempre a priorizar los estudios y el hecho de que “una pluma tiene más peso que una pala”, por siempre apoyarme en las proyecciones de vida a largo y corto plazo que propongo con el fin de convertirme en un ser humano que sea un servicio para la comunidad.

A la universidad de Caldas por ser mi alma mater, por darme la oportunidad de aprender lo que esta institución tiene para enseñarme, a mis profesores del programa de geología por ser mis guías en todo momento, no solo desde el saber que han logrado impartir, sino desde la ética como futura profesional, por no solamente ser mis mentores, sino también psicólogos y soporte en mis momentos de debilidad, su profesionalismo me da impulsos para lograr ser el un profesional desde la ética y la moral.

A la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS), por bríndame la oportunidad de realizar mis practicas académicas en la Subdirección de infraestructura Ambiental, por acogerme y desde su conocimiento ayudarme a crecer, por ser pacientes al identificar mis dificultades y ayudarme a superarlas, por estar siempre dispuestos y abiertos a compartir su conocimiento conmigo.



## Resumen

La Corporación Autónoma Regional de Caldas es una autoridad reguladora encargada de supervisar todos los proyectos ambientales conforme a la normativa establecida. Está subdividida en diversas dependencias, entre las cuales la Subdirección de Infraestructura Ambiental se centra en la gestión del riesgo de desastres y en la ejecución de obras y actividades dirigidas a la mitigación e identificación del riesgo frente a posibles eventos. Actualmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el objetivo de que las Autoridades Ambientales también consideren los daños ambientales tras la ocurrencia de un evento, ha desarrollado una nueva metodología denominada EDANA-C. Esta metodología permitirá una evaluación rápida del daño ambiental y la estimación de pérdidas ambientales después de eventos naturales o socio-naturales. Por ello, se solicita a las autoridades ambientales aplicar esta metodología, y como prueba piloto, se ha decidido implementarla en los municipios de Riosucio, Supía y Anserma, tras la ocurrencia de avenidas torrenciales provocadas por el fenómeno de La Niña. Además, como parte de los objetivos de las prácticas universitarias, he brindado apoyo en el acompañamiento y la elaboración de informes de visitas cuando ha sido necesario, así como en la elaboración de conceptos de geoamenaza cuando se ha requerido.

**Palabras claves:** EDANA-C, Fenómeno de la Niña, Riosucio, Anserma, Supía, daño ambiental

## Abstract

The Corporación Autónoma Regional de Caldas is a regulatory authority responsible for overseeing all environmental projects in accordance with established regulations. It is subdivided into various units, among which the Subdirectorate of Environmental Infrastructure focuses on disaster risk management and the execution of works and activities aimed at mitigating and identifying risk in the face of possible events. Currently, the Ministry of Environment and Sustainable Development, with the objective that the Environmental Authorities also consider the environmental damages after the occurrence of an event, has developed a new methodology called EDANA-C. This methodology will allow a rapid assessment of environmental damage and the estimation of environmental losses after natural or socio-natural events. Therefore, the environmental authorities are requested to apply this methodology, and as a pilot test, it has been decided to implement it in the municipalities of Riosucio, Supía and Anserma, after the occurrence of torrential floods caused by the La Niña phenomenon. In addition, as part of the objectives of the university internships, I have provided support in the accompaniment and preparation of visit reports when necessary, as well as in the development of geohazard concepts when required.

**Key words:** EDANA-C, La Niña Phenomenon, Riosucio, Anserma, Supía, environmental damage.

## TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	12
2	LOCALIZACIÓN.....	13
3	OBJETIVOS.....	17
3.1	Objetivo general.....	17
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
4	MARCO TEORÍCO.....	19
4.1.1	Evaluación de Daño y Análisis de Necesidades Ambientales EDANA.....	22
5	MARCO NORMATIVO.....	29
6	MARCO GEOLÓGICO.....	32
6.1	Unidades cronoestratigráficas.....	34
6.1.1	Paleozoico.....	34
6.1.2	Cretácico.....	36
6.1.3	Cuaternario.....	41
6.2	Geología estructural.....	41
7	METODOLOGÍA.....	42
7.1	Recopilación de información respecto a la ejecución de la metodología de EDANA-C para eventos originados en el departamento de Caldas tras la ocurrencia del último fenómeno de la Niña (niña entre agosto del 2020 y abril del 2023).....	42
7.1.1	Selección de los sitios priorizados a los cuales se les pretende aplicar la metodología de EDANA-C.....	52
7.2	Realizar acompañamiento de campo a las visitas, cuando sea requerido.....	52
8	RESUSLTADOS Y ANALISIS.....	54
8.1	Actualizar, georreferenciar y alimentar el visor ambiental de Corpocaldas, la información correspondiente las obras de mitigación construidas por Corpocaldas.....	54
8.2	Apoyo al grupo de estudios y diseños en la elaboración de conceptos técnicos en términos de geoamenaza.....	61
8.2.1	Apoyo en la elaboración de estudios de ocupación del cauce en la vereda Aguabonita, Manizales, Caldas.....	61
8.2.2	Análisis de la geología y geomorfología del terreno en la que se ubica el condominio Makadamia I.....	63
8.3	Acompañamiento de campo.....	66
8.3.1	Visita 15/11/2023 Belalcázar-Sector La Marina.....	66
8.3.2	Visita 15/11/2023. Anserma- Vereda Partidas.....	67
8.3.3	Visita 24/11/2023 Condominio Makadamia.....	68
8.4	Realizar la Evaluación de daños y pérdidas generadas por eventos hidrocliclimático, con	



base a la metodología establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.....69

8.4.1	Aplicación de la metodología de EDANA-C en la avenida torrencial ocurrida en el municipio de Supía, Caldas .....	70
8.4.2	Aplicación de la metodología de EDANA-C en la avenida torrencial ocurrida en el resguardo indígena San Lorenzo, municipio de Riosucio, Caldas .....	84
8.4.3	Aplicación de la metodología de EDANA-C en la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Cauyá, municipio de Anserma, Caldas.....	96
8.4.4	Aplicación de la metodología de EDANA-C en Cerro el Burro, municipio de Marmato, Caldas .....	106
9	DISCUSIÓN.....	111
10	CONCLUSIONES .....	114
11	Recomendaciones.....	118
12	ANEXOS.....	120

## LISTA DE FIGURAS

Imagen 1.	representación del mapa de localización geográfica de los municipios estudiados, diseñada por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	16
Imagen 2.	Aspectos que integran la gestión del riesgo .....	20
Imagen 3.	Eventos generalmente vinculados al fenómeno de la Niña.....	21
Imagen 4.	Servicios ecosistémicos.....	25
Imagen 6.	Mapa geológico de los municipios estudiados durante las practicas profesionales a partir del mapa geológico generalizado de Caldas.....	34
Imagen 7.	Diagrama de flujo sintesis de la fase 1 para la ejecución de la EDANA-C .....	44
Imagen 8.	Fórmula para el cálculo del daño ambiental.....	48
Imagen 9.	Diagrama de flujo sintesis de la fase 2 para la ejecución de la EDANA-C .....	49
Imagen 10.	Ficha de EDANA-C en la cual se recopila la información obtenida en cada fase de la metodología .....	52
Imagen 16.	Unidades geomorfológicas encontradas en el condominio Makadamia I.....	65
Imagen 21.	Imagen tomada con el dron por el alcalde municipal, donde se observa la parte alta y media de la microcuenca Quebradagrande, en la vereda Mediacaral y La Amalia, con grandes extensiones dedicadas a pastoreo y ausencia de franjas forestales protectoras adecuadas, lo que favorece al incremento de los caudales de agua encontrados a lo largo de las áreas e incremento de los cauces que circulan por los mismos, que consecuentemente genera procesos de inestabilidad como profundización y erosión lateral sobre los cauces, deslizamientos superficiales y avenidas torrenciales .....	72
Imagen 22.	Vista desde el cauce de la quebrada El Chispero, afluente de la quebrada San Polo con obstrucción parcial por avenida torrencial y materiales procedentes de deslizamientos sobre las márgenes. Coordenadas geográficas aproximadas WGS 84: 5.501681° - 75.649732 .....	73
Imagen 23.	Registro fotográfico donde se observa el colapso del puente en la vereda La Quinta. 73	
Imagen 24.	Imágenes de puntos en donde se evidencia la afectación de la zona por la ocurrencia de la avenida torrencial. En la imagen “A” se observa una obstrucción parcial de la quebrada San Pol. La imagen “B” muestra un deslizamiento traslacional sobre la margen derecha de la quebrada Mediacaral, vereda La Amalia. La imagen “C” muestra uno de los depósitos de la avenida torrencial cerca al casco urbano del municipio de Supía.....	74
Imagen 26.	Cartografía de las variables afectadas por la avenida torrencial.....	77
Imagen 27.	Mapa de daño ambiental del área en donde ocurre la avenida torrencial .....	79
Imagen 29.	Movimiento en masa superficial localizado en la parte alta de la avenida torrencial identificada como la zona de aporte de los materiales que van a generar la avenida torrencial al entrar en contacto con el afluente de la quebrada Bermejál.....	85
Imagen 30.	Afectaciones en las viviendas por depósitos generados por la avenida torrencial en el caserío Bermejál, margen izquierda de la quebrada Arenales.....	86
Imagen 32.	Catografía de las variables afectadas en la quebrada Bermejál .....	88

Imagen 33. Mapa de la categorización del daño ambiental ocasionada por la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Bermejál.....	90
Imagen 34. Estimación económica ambiental del daño ocasionado por la avenida torrencial en la quebrada Bermejál, Riosucio. ....	91
Imagen 35. La imagen a la derecha muestra depósitos de la última avenida torrencial generada en el mes de abril del 2021, que favorecieron al desbordamiento de la quebrada y la imagen a la izquierda, muestra un proceso de erosión lateral sobre la margen derecha delcauce. Coordenadas 5,228396 y -75,776825.....	97
Imagen 36. Deslizamiento traslacional de grandes dimensiones que ha generado obstrucción de la quebrada Juan Pérez. Coordenadas N5.228537° y W-75.757563.....	97
Imagen 37. Sobrevuelo con dron efectuado por David Ricardo Franco. Se observan dos cicatrices de deslizamientos en la parte superior de la ladera y un flujo de lodo ocurrido desde la primero corona hasta la vía .....	98
Imagen 39. Cartografía de las variables afectadas por la avenida torrencial .....	100
Imagen 41. Vista del cerro El Burro, donde se localiza el canalón de la iglesia, Sector Molino, El Colombiano y parte posterior del atrio. En esta imagen se observan los procesos de inestabilidad del Cerro El Burro.....	107
Imagen 42. Mapa de categorización de daño ambiental de acuerdo a las condiciones actuales, en el cual se observa que, si se realiza la evaluación del daño ambiental teniendo en cuenta el estado actual de la zona, entonces la metodología va a arrojar valores que van a indicar que en sí en la zona de estudio no es necesario hacer una estimación económica del daño ambiental, dado que el mismo no de alta magnitud, cuando es todo lo contrario .....	110



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Categorización de las variables utilizadas para el cálculo del daño ambiental.....	47
Tabla 2	Hojas de vida de las obras que han sido cargadas a la plataforma de geoambiental ...	60
Tabla 3	Categorización del daño ambiental en la que se identifican las áreas en hectáreas de cada grado de daño .....	78
Tabla 4	Estimación económica ambiental del daño ocasionado por la avenida torrencial en la microcuenca Quebradagrande, Supía .....	80
Tabla 5	Categorización del daño ambiental en la que se identifican las áreas en hectáreas de cada grado de daño .....	89
Tabla 6	Categorización del daño ambiental en la que se identifican las áreas en hectáreas de cada grado de daño .....	101
Tabla 7	Valoración Económica Ambiental del daño .....	102
Tabla 8	Propuesta de presupuesto para las necesidades ambientales propuesto por Corpocaldas	104
Tabla 9	Ficha propuesta por la metodología de EDANA-C en donde aparecen las variables afectadas por el movimiento en masa en el Cerro El Burro, Marmato; así como los servicios de regulación ecosistémico afectados y las necesidades ambientales de estos .....	109

# 1 INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de Caldas, en calidad de entidad ambiental de control público, cumple el papel fundamental de supervisar proyectos y programas que impactan el medio ambiente en la jurisdicción del departamento de Caldas. Su labor se orienta hacia el cumplimiento de las disposiciones legales relacionadas con el manejo y aprovechamiento sostenible, conforme a las directrices establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

La Subdirección de Infraestructura Ambiental de Corpocaldas, a cargo de la gestión de riesgos de desastre en el departamento, lidera todos los aspectos relacionados con la implementación de infraestructuras destinadas a mitigar y reducir los riesgos ambientales. Ya sea mediante enfoques bioingenieriles o estructuras civiles, la entidad aborda las necesidades específicas de cada zona.

Tradicionalmente, tras la ocurrencia de eventos, se priorizan las pérdidas en infraestructuras, sin embargo, la Dirección del Cambio Climático y Gestión de Riesgo, del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible busca evaluar cuantitativa y cualitativamente los daños ambientales post-evento. En este contexto, han desarrollado la Guía de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales post-desastre continental (EDANA C). Esta guía, pionera en su enfoque, busca que las Autoridades Ambientales consideren no solo las pérdidas en infraestructuras, sino también las pérdidas en los servicios de regulación ecosistémicos.

Como parte de mi proceso de obtención del título profesional en geología, he participado activamente en las prácticas académicas llevadas a cabo en la Subdirección de Infraestructura Ambiental de Corpocaldas. Durante este período, he brindado apoyo en la elaboración de conceptos básicos relacionados con la geoamenaza, participado en la evaluación de daños y



pérdidas ambientales causadas por el fenómeno de La Niña en Caldas, así como colaborado en la elaboración de informes y en la realización de visitas cuando ha sido necesario. El período de prácticas abarca cinco meses, desde el primero de agosto hasta el 30 de diciembre del año 2023.

## **2 LOCALIZACIÓN.**

El departamento de Caldas está ubicado al centro occidente de la república de Colombia, hace parte de la región Andina, su capital es la ciudad de Manizales y está dividido política y

administrativamente en 27 municipios, organizados en 6 subregiones (Alto occidente, Alto Oriente, Bajo Occidente, Centro Sur, Magdalena caldense y Norte caldense), localizado entre  $04^{\circ}48'32''$  y  $05^{\circ}46'53''$  de latitud Norte y  $74^{\circ}37'44''$  y  $75^{\circ}55'52''$  de longitud oeste limita al norte con el departamento de Caldas, al este con el departamento de Cundinamarca, por el sur con el departamento de Tolima y Risaralda y por el oeste con el departamento de Risaralda; tiene una superficie de  $7.888 \text{ Km}^2$ , aproximadamente 989.934 habitantes de acuerdo a la proyección realizada por el DANE 2016.

Inicialmente, para la ejecución de las prácticas académicas y dada la generalidad de los objetivos de la misma, se estableció que se realizara en todo Caldas; no obstante, y dado el extenso trabajo se realiza un sesgo de acuerdo a la información que se tenga en cada municipio; que son los siguientes:

- **Marmato:** Se localiza al nor-Occidente del departamento de Caldas, en el flanco oriental de la Cordillera Occidental, limita al norte con el municipio antioqueño de Caramanta, al oriente con el municipio de Pácora y La Merced, al sur y al occidente con el municipio de Supía, con coordenadas geográficas  $5^{\circ} 28' 1''$  Norte,  $75^{\circ} 36' 0''$  Oeste. El municipio se caracteriza por la actividad minera en la que se realizan extracciones subterráneas de oro. Este municipio tiene alturas entre los 2200 m.s.n.m (alto de la Cruz) y 670 m.s.n.m; con extensión aproximada de  $40.80 \text{ Km}^2$  y una población aproximada de 8175 habitantes.
- **Riosucio:** Ubicado en el sector nor-occidental del departamento, sobre la vertiente oriental de la cordillera Occidental, con topografía ondulada, limita al oriente con el municipio de Filadelfia y Supía, al occidente con el municipio de Mistrató, al norte con los municipios de Jardín y Támesis y al sur con el municipio de Guática y Quinchía, con

coordenadas geográficas  $5^{\circ} 25' 1''$  Norte,  $75^{\circ} 42' 0''$  Oeste, pose una extensión de 429,1  $Km^2$

- **Supía:** Se encuentra ubicado en un valle a nor- occidente del departamento de Caldas, dominado por la acción del río Supía, limita al norte con el municipio de Caramanta, al sur y occidente con el municipio de Riosucio, al oriente con el municipio de Marmato y La Merced, con coordenadas geográficas  $5^{\circ} 27' 19''$  Norte,  $75^{\circ} 39' 1''$  Oeste
- **Anserma:** El municipio limita al oriente con Neira, Palestina y Manizales, al sur con Risaralda, San José y Viterbo, al norte con Guática y Quinchía y al occidente con Belén de Umbría; con coordenadas geográficas de  $5^{\circ} 13' 59''$  Norte,  $75^{\circ} 46' 59''$  Oeste; con altura promedio de 1827 m.s.n.m, extensión aproximada de 21.8  $Km^2$  y 33674 habitantes aproximadamente



*Imagen 1. representación del mapa de localización geográfica de los municipios estudiados, diseñada por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general.**

Apoyar a la Subdirección de infraestructura ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPPOCALDA) como practicante de geología para aplicar los conocimientos aprendidos en temas relacionados en la aplicación de Sistemas de Información Geográfico para la actualización georreferenciación y alimentar al visor ambiental en lo correspondiente a las obras de mitigación contraídas en Corpocaldas. Apoyar al grupo de estudios y diseños, y la evaluación de daños y pérdidas generadas por el evento hidrológico, con base a la metodología establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

1. Actualizar, georreferenciar y alimentar el visor ambiental de Corpocaldas, la información correspondiente a las obras de mitigación construidas por Corpocaldas, desde 2017 hasta el 2022.
2. Apoyar al grupo de estudios y diseños en la elaboración de conceptos técnicos en términos de geoamenaza.
3. Realizar la evaluación de daños y pérdidas generadas por eventos hidrodinámicos, con base en la metodología establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
4. Apoyar a la Subdirección de Infraestructura Ambiental en la realización de visitas y elaboración de informes de eventos ocurridos en el departamento de Caldas, cuando se requiera.



## ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Participar en las demás actividades relacionadas, que se consideran necesarias para cumplir con el objetivo de la práctica
2. Asistir a las reuniones periódicas cada vez que se requieran, para evidenciar los avances de las actividades de la práctica, de lo cual se dejará constancia en acta de reunión y lista de asistencia

#### 4 MARCO TEORÍCO

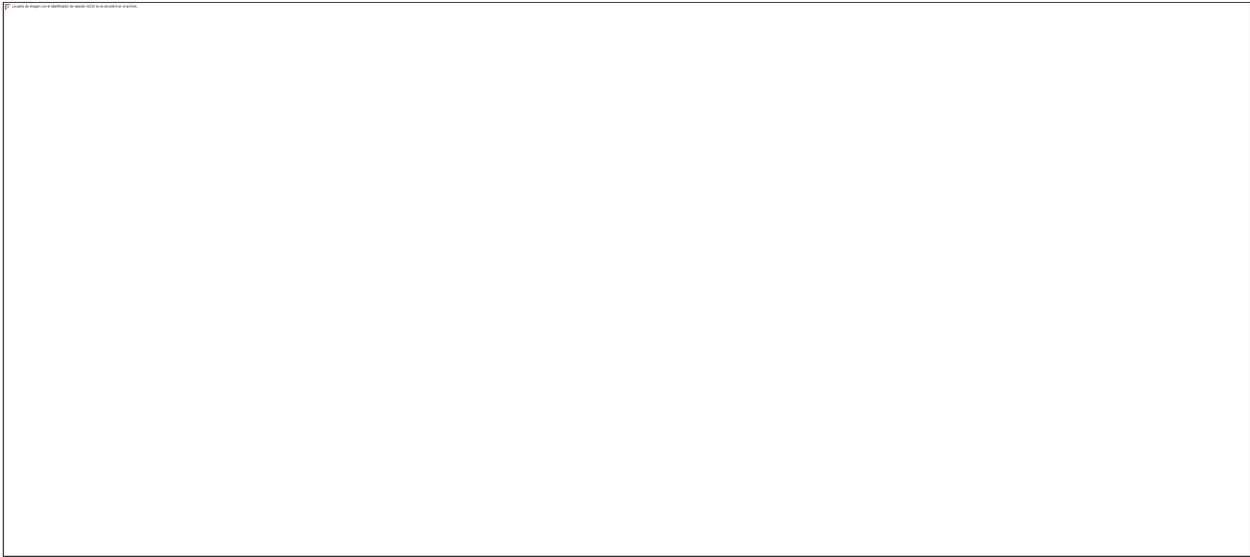
Las Corporación Autónomas Regionales son entes de corporativos que tienen como función junto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible la de garantizar la ejecución de los planes y proyectos del medio ambiente y los recursos renovables, con el fin de gestionar y conservar el medio ambiente y los recursos naturales renovables.

La Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS), por su parte tiene como objetivo la “ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre el medio ambiente y Recursos Naturales Renovables, así como dar oportuna y cumplida aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerios del Medio Ambiente”

Es por ello que resulta crucial poseer un conocimiento fundamental sobre los conceptos asociados a la gestión del riesgo y los fenómenos naturales. La Ley de Gestión del Riesgo de Desastre (Ley 1523 del 2012) establece que los municipios en el país deben realizar estudios de riesgos naturales como parte integral de las políticas de planificación para el desarrollo seguro y la gestión ambiental territorial sostenible.

La gestión del riesgo de desastres se configura como un proceso esencial destinado a identificar, evaluar y minimizar el impacto de riesgos, con el propósito de reducir las amenazas o peligros potenciales y las posibilidades de su ocurrencia. Es crucial tener en cuenta que la gestión del riesgo no se aborda con una solución única, ya que cada entidad u organización cuenta con distintas formas de encontrar soluciones de mitigación adaptadas a sus necesidades específicas.

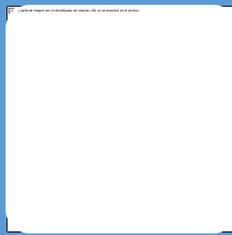
En este sentido, cada entidad debe contar con un equipo de profesionales especializados encargados de asesorar y garantizar que los municipios desarrollen su respectivo Plan de Gestión de Riesgo de Desastre. Este plan, conforme a lo establecido, permite implementar proyectos específicos adaptados a las características particulares de cada municipio.



*Imagen 2. Aspectos que integran la gestión del riesgo*  
*Fuente: Arenas, G. 2021*

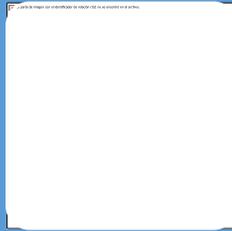
La gestión del riesgo de desastre tiene en cuenta implementar medidas de mitigación que disminuyan el riesgo para ciertas zonas en específico que están siendo afectadas por la ocurrencia a algún evento en la misma, entre los cuales se destacan los siguientes:

### Avenidas torrenciales



Flujo rápido a extremadamente rápido que se transita por cauces permanentes o intermitentes con pendientes longitudinales altas, que puede ser generado por efectos de lluvias intensas. Involucra el transporte de una mezcla entre agua y un contenido significativo de sólidos en diferentes proporciones. El aporte de sólidos al flujo puede provenir de las laderas adyacentes o del lecho de los cauces. Finalmente, cuando el sólido alcanza zonas de baja pendiente se genera el depósito del material a lo largo de su trayectoria (Servicio Geológico Colombiano, 2021)

### Movimientos en masa



la definición más simple y aceptada a este tipo de eventos es la de Cruden y Varnes (1996), que definen el término como el movimiento de una masa de roca, escombros o tierra a lo largo de una ladera. Bajo esta definición existen muchos tipos de movimientos en masa, de los cuales algunos son lentos, pequeños e imperceptibles, mientras que otros involucran grandes volúmenes de material y alcanza altas velocidades y gran poder destructivo.

### Inundaciones



Fenómenos hidrológicos fuertemente ligados con la ocurrencia de persistentes periodos de lluvias, que generan el aumento del nivel de agua contenida dentro de un cauce, lo que ocasiona desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas al curso de agua. (IDEAM)

*Imagen 3. Eventos generalmente vinculados al fenómeno de la Niña*

Los anteriores son los principales eventos cuya ocurrencia está fuertemente ligada al clima, el cual se define como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, que se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinado, o en el planeta entero, durante un periodo de tiempo relativamente largo. Los factores determinantes del clima son las condiciones físicas y geográficas (latitud, elevación, distancia al mar, entre otros), que son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio y que influyen en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor

Ahora bien, por medio del análisis de la información histórica de la precipitación en el país se

ha podido identificar oscilaciones climáticas interanuales influenciadas por los procesos termodinámicos de los océanos Atlántico y Pacífico en la variabilidad de la precipitación en diferentes regiones de Colombia. Entre los tipos de alteraciones climáticas están los ciclos relacionados con los eventos “El Niño” y “La Niña”, de los cuales el primero indica un incremento en la temperatura. Por su parte, el Fenómeno de la Niña, según Montealegre, J. (2014) es un término utilizado para describir la aparición de aguas superficiales relativamente más frías de lo normal en el Pacífico Tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Según los diferentes estudios realizados por Montealegre, J. (2014), este fenómeno se refleja en un aumento significativo de las precipitaciones, así como una disminución importante de la temperatura del aire, especialmente en sectores de las regiones Caribe, Andina y Pacífica. Cabe destacar, que la alteración del régimen de lluvias por la ocurrencia de estos fenómenos no sigue un patrón común; por el contrario, es diferencial a lo largo y ancho del territorio nacional (continental e insular).

#### **4.1.1 Evaluación de Daño y Análisis de Necesidades Ambientales EDANA.**

Con el fin de estudiar la ocurrencia y efectos de este tipo de variaciones climáticas, así como la relación de estos con la ocurrencia de eventos naturales y de los desastres causados por los mismos se han creado una serie de entidades encargadas de ejecutar estas funciones, como lo es el grupo de Cambio Climático y Gestión del Riesgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales con el fin que las Autoridades Ambientales del país no solamente tengan en cuenta los daños a infraestructura luego de la ocurrencia de eventos, sino también el daño ambiental de la zona luego de ocurrido el evento, deciden estructurar la

“Evaluación de Daño y Necesidades ambientales pos desastre Continental” EDANA-C, la cual “aporta los lineamientos para una evaluación rápida ambiental, que incluye: una evaluación inicial de daños, identificación y estimación de pérdidas y de necesidades ambientales, como información para los tomadores de decisiones en las fases de atención y recuperación del evento” (Arenas, G. 2021).

En esta metodología se hace un reconocimiento del área afectada a partir de la información de la línea base y diagnóstico, así como una categorización del daño ambiental por medio de Sistemas de Información Geográfica, se estima también las pérdidas relacionadas con los ecosistemas y servicios ecosistémicos, así como la identificación de las principales necesidades ambientales.

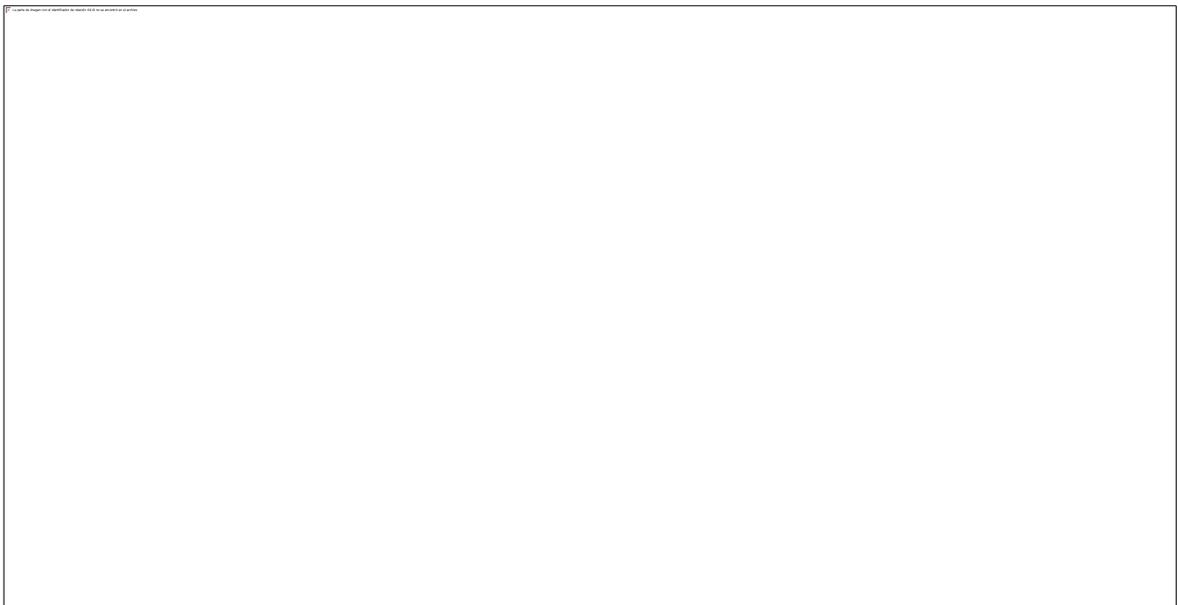
Las variables que se tienen en cuenta para la cuantificación y cualificación del daño ambiental son las siguientes:

- **Áreas de importancia ambiental:** comprenden áreas de vital importancia para el equilibrio ambiental y la sostenibilidad del entorno. Entre ellos se encuentran los páramos, humedales, nacimientos de aguas, zonas de recarga de acuíferos, bosques secos, manglares, entre otros. Estas subzonas de importancia ambiental son identificadas por su destacado papel en la preservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos cruciales. Su conservación y manejo adecuado son fundamentales para garantizar la salud y la funcionalidad del sistema ambiental en la cuenca, así como para salvaguardar los beneficios que ofrecen a la sociedad y al medio ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

- **Cobertura vegetal:** cobertura biofísica que se encuentra en la superficie de la tierra, es decir, son los tipos de vegetación, los elementos antrópicos, los afloramientos rocosos y cuerpos de agua evidentes en la corteza de la tierra (IDEAM, 2019)
- **Fauna:** Especies animales terrestres o acuáticas que no han sido objeto de domesticación, mejoramiento genético, cría regular o que han regresado a su estado salvaje (ley 611,2000; como citó Arenas, G. 2021). En esa se identifica el grado de amenaza, vulnerabilidad, peligro de extinción o endemismo de cada especie.
- **Flora:** conjunto de especies presentes en un lugar o para dada. El objeto de estudio de la vegetación son las comunidades vegetales, su estructura, composición y florística (Hernández, 2000; como citó Arenas, G. 2021).
- **Recursos hídricos:** Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas (Decreto 3930,2010)
- **Suelo:** cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquido y gases; se diferencia del material original debido al del grado de transformación en la misma a medida que entra en contacto con procesos de meteorización y/o erosión (Arenas, G. 2021).

Ahora bien, de acuerdo a lo establecido por la metodología de EDANA-C, se entiende por servicios ecosistémicos a los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructura y funciones que estructuran la biodiversidad. Según la Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (VIBSE), estos servicios ecosistémicos se clasifican como servicios ecosistémicos de provisión, regulación y culturales:

- **Servicios de provisión:** Bienes y productos materiales que se obtienen directamente de los ecosistemas como alimentos, fibras, maderas, leñas, entre otras (Arenas, G. 2021)
- **Servicios de regulación:** Contribución indirectas al bienestar humano provenientes del funcionamiento de los ecosistemas (mantenimiento de la calidad del aire, control de la erosión, purificación del agua, regulación climática, entre otras).
- **Servicios culturales:** Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas (enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, entre otros)



*Imagen 4. Servicios ecosistémicos*

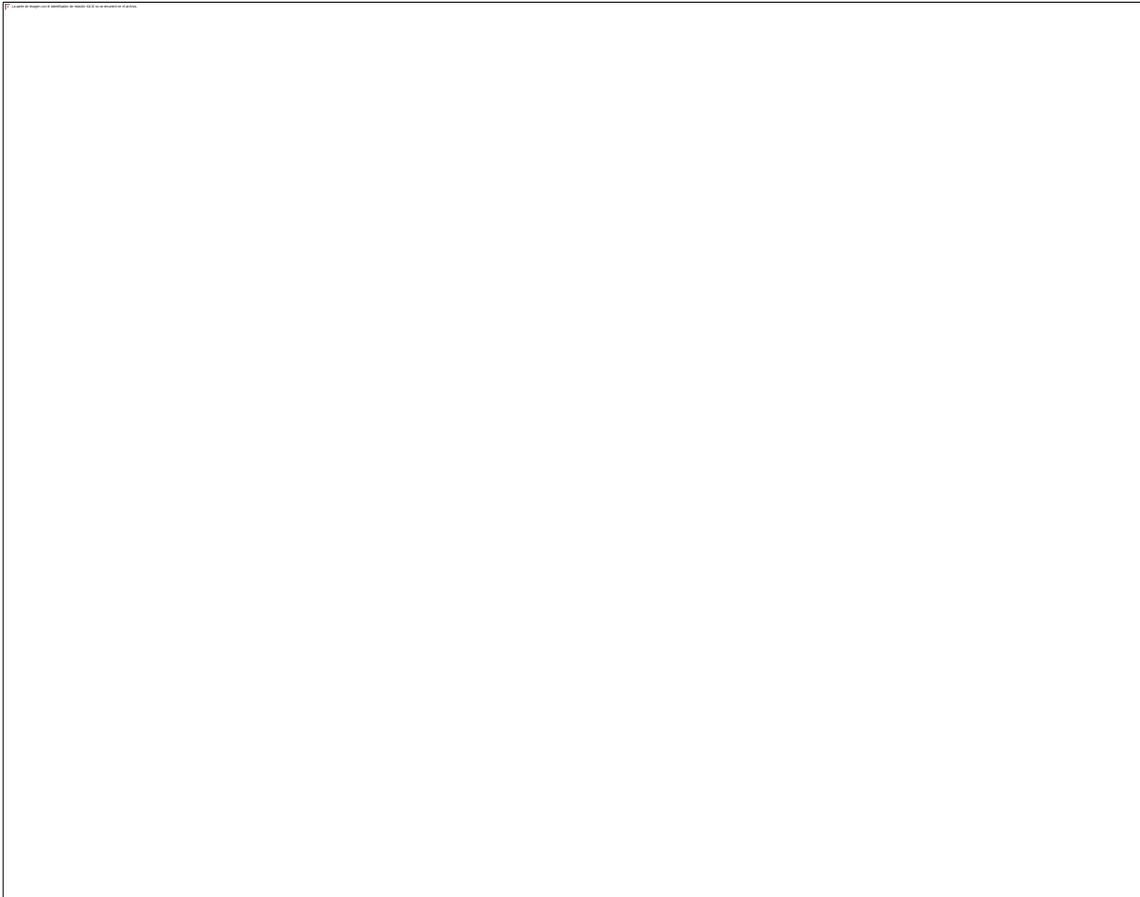
*Fuente: Arenas, G. 2021*

Teniendo en cuenta los servicios ecosistémicos afectados por el evento, se determinan las necesidades ambientales del área, de acuerdo al plan Nacional de Restauración; relación que la metodología establece de manera general y como aporte a la evaluación rápida ambiental, de acuerdo a las características de la zona afectada. Entre las necesidades ambientales

propuesta están las siguientes:

- **Restauración ecológica:** Este proceso implica llevar a cabo estudios exhaustivos sobre la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema degradado, así como comparaciones con un ecosistema de referencia que sirva como modelo representativo del estado deseado o del estado anterior al disturbio. La información recabada durante estos estudios se utiliza para diseñar estrategias y planes de restauración con el objetivo de iniciar o acelerar los procesos de recuperación en el área afectada. La restauración ambiental busca restablecer la función, estructura y composición del ecosistema de manera que se aproxime a su condición original o a un estado más saludable y sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).
- **Recuperación ecológica:** se orienta hacia el retorno de la utilidad del ecosistema, pero con el propósito de prestar servicios distintos a los del ecosistema original. En este proceso, se lleva a cabo la sustitución de un ecosistema degradado por otro productivo, aunque no se busca restaurar el ecosistema original en su totalidad. La recuperación engloba diversas técnicas, como la estabilización, mejoramiento estético y, en términos generales, la reorientación de las tierras hacia un propósito considerado útil dentro del contexto regional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).
- **Rehabilitación ecológica:** se distingue por su enfoque parcial en el restablecimiento de elementos estructurales o funcionales de un ecosistema deteriorado, sin necesariamente aspirar a alcanzar su estado original. Este proceso se centra en la reparación selectiva de la productividad y los servicios que el ecosistema proporciona,

mediante la aplicación de técnicas específicas. El objetivo principal de la rehabilitación es mejorar o restaurar de manera parcial los atributos funcionales o estructurales del ecosistema, contribuyendo así a la recuperación de sus funciones y servicios esenciales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).



*Imagen 5. Relación entre los servicios ecosistémicos y las necesidades ambientales*

*Fuente: Arenas, G. 2021*

La metodología EDANA-C se presenta de manera integral, incluyendo una ficha en formato Excel que guía el proceso metodológico para determinar el daño, estimar las pérdidas ecosistémicas y analizar las necesidades ambientales. Esta ficha brinda al evaluador opciones

para establecer la necesidad ambiental en áreas que demandan mayor atención. Además, se complementa con la especialización de información mediante el software ArcGIS, lo que permite una representación visual del daño ambiental en el área afectada, ofreciendo datos cruciales para la aplicación de medidas de rehabilitación, recuperación o restauración.

Los avances de la metodología EDANA-C proporcionan orientación a las Autoridades Ambientales al llevar a cabo evaluaciones ambientales rápidas. Además, contribuye a unificar criterios de evaluación posterior a eventos o desastres, facilitando la obtención de información precisa y oportuna para la toma de decisiones.

La implementación de la EDANA-C por parte de las Autoridades Ambientales se concibe como un complemento subsidiario a la labor de alcaldías y gobernaciones. Este enfoque busca respaldar las funciones de gestión del riesgo, promoviendo la sostenibilidad ambiental del territorio. Es importante destacar que, aunque la EDANA-C desempeña un papel crucial, no exime a alcaldes y gobernadores de su responsabilidad primaria en la implementación de procesos de gestión del riesgo de desastres, según lo establecido en la Ley 1523 del 2012.

En síntesis, la implementación de la metodología de Evaluación de Daños Ambientales (EDANA-C) constituye una herramienta valiosa en el ámbito de la evaluación ambiental. Esta metodología posibilita la asignación de valores monetarios a los bienes y servicios derivados de los recursos naturales, permitiendo así una cuantificación económica de los impactos ambientales. Además, ofrece la capacidad de estimar de manera integral los beneficios y costos asociados a los cambios en los ecosistemas, proporcionando información crucial para la toma de decisiones en la evaluación social de proyectos y políticas públicas. A pesar de sus beneficios, es esencial reconocer las limitaciones inherentes a la valoración económica ambiental que se presentan con EDANA-C. Entre estas limitaciones, se destaca:



- subjetividad del valor económico, su variabilidad entre individuos y sociedades a lo largo del tiempo.
- dependencia de la maximización del bienestar individual en la disponibilidad de información completa sobre el presente y el futuro.
- interpretación diversa de los valores obtenidos a través de distintos métodos resalta la influencia del enfoque teórico adoptado, subrayando la necesidad de un abordaje reflexivo en la aplicación de esta metodología.

## 5 MARCO NORMATIVO

Las principales normas que rigen las funciones que ejerce la Corporación Autónoma Regional de

Caldas y por ende en mí durante la realización de las prácticas profesionales son principalmente las siguientes:

- **Ley 99 de 1993:** "por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA", representa un hito fundamental en el marco normativo colombiano. Esta legislación no solo establece la creación del Ministerio del Medio Ambiente, sino que también reorganiza el sector público dedicado a la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Asimismo, la Ley 99 de 1993 organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), definiendo principios, objetivos, funciones y competencias de las entidades ambientales. Además, introduce instrumentos esenciales de planificación, regulación, control y participación ciudadana en asuntos ambientales, consolidando así un marco normativo integral para la gestión sostenible del entorno natural en Colombia.
- **Ley 1523 del 2012:** al adoptar la política nacional de gestión del riesgo de desastre y establecer el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre, cumple con el propósito fundamental de reducir el riesgo de desastres y fortalecer la capacidad de respuesta y recuperación de las comunidades frente a eventos adversos. Esta legislación se erige como un marco normativo crucial que define los principios rectores, objetivos, funciones, responsabilidades y asignación de recursos del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre. Al hacerlo, busca proporcionar una estructura organizativa sólida y coordinada para enfrentar los desafíos derivados de posibles desastres, garantizando una gestión integral y eficiente de los riesgos a nivel nacional.

- **Decreto 1077 del 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio):** La normativa compilada hasta el año 2015 se encuentra reflejada en esta legislación, abarcando aspectos reglamentarios cruciales en diversos ámbitos. La ley regula cuestiones vinculadas a planes y proyectos relacionados con el desarrollo territorial y urbano planificado a nivel nacional. Además, se enfoca en la consolidación del sistema de ciudades, promoviendo un crecimiento urbano sostenible y coordinado. Asimismo, aborda temas cruciales como el acceso y financiación de viviendas, buscando establecer políticas que favorezcan condiciones habitacionales adecuadas para la población. Por último, la ley incorpora normas específicas establecidas en el Decreto 1469 de 2010, que se centran en aspectos relacionados con licencias urbanísticas, asegurando la adecuada regulación y control de los procesos vinculados a la planificación y desarrollo urbano del país.
- **Decreto 1076 del 2015 (Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible):** Despliega un respaldo técnico y científico fundamental para las autoridades ambientales del país. A través de la implementación y operación de infraestructuras especializadas, como las oceanográficas, mareográficas, meteorológicas y hidrográficas a nivel nacional, se asegura la disponibilidad de información precisa. Esta información, que abarca desde datos meteorológicos hasta mediciones oceanográficas, se utiliza para generar predicciones, emitir avisos y proporcionar servicios de asesoramiento a la comunidad en general. La entidad también desempeña un papel crucial en la formulación de la política nacional ambiental y de recursos renovables. Su objetivo principal es garantizar el derecho de todas las personas a disfrutar de un medio ambiente

saludable y, al mismo tiempo, salvaguardar el patrimonio natural y la soberanía de la nación.

- **Decreto 1682 del 2013 (Ley de infraestructura):** Ofrece herramientas fundamentales para abordar los obstáculos críticos que obstaculizan el progreso de los proyectos de infraestructura de transporte. La resolución insatisfactoria de estos desafíos ha tenido un impacto significativo en la competitividad de la economía, generando una disminución notable.
- **Ley 1474 del 2011:** tiene como objetivo reforzar los mecanismos destinados a prevenir, investigar y sancionar actos de corrupción, así como garantizar la eficacia en el control de la gestión pública. A través de medidas administrativas, se busca imponer sanciones, como la inhabilitación para contratar, a aquellos que cometan actos corruptos perjudiciales para el patrimonio del Estado. Asimismo, la ley prohíbe la contratación con entidades estatales a quienes hayan financiado campañas políticas para cargos como alcaldías, presidencias y gobernaciones. Además, aquellos individuos que hayan celebrado contratos estatales de obra pública o concesión no podrán suscribir contratos de interventoría con la misma entidad. Estas disposiciones buscan consolidar un marco legal que promueva la transparencia y la ética en la administración pública.

## 6 MARCO GEOLÓGICO

En un contexto geológico general, Colombia se encuentra ubicada sobre la placa Sudamericana,

rodeada por las placas Nazca y Caribe. La orogenia que caracteriza al país se origina principalmente debido a la subducción de las placas Nazca y Sudamericana, dando lugar a la formación de la imponente Cordillera de los Andes, compuesta por las cordilleras Central, Occidental y Oriental.

En particular, el departamento de Caldas se ubica sobre las cordilleras Central y Occidental, lo que confiere a esta región una diversidad notable de formaciones geológicas. Estas formaciones, que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, pueden ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico, y se ven influenciadas por la actividad de diversas fallas geológicas.

En el flanco oriental de la Cordillera Central, predominan rocas metamórficas en facies de esquistos verdes a anfibolita, intensamente plegadas, falladas y afectadas por eventos térmicos superpuestos hasta el Cretácico tardío, que corresponden al Complejo Cajamarca. En contraste, el flanco occidental exhibe principalmente secuencias sedimentarias, sedimento-volcánicas y ofiolíticas del Cretácico, además de remanentes de sedimentos marinos del Jurásico, entre otras unidades geológicas.

En la Cordillera Occidental, afloran rocas toleíticas generadas en arcos volcánicos inmaduros al oeste del sistema de fallas Romeral, donde se emplazaron ofiolitas no secuenciales y metamórficas de media-alta presión durante el Cretáceo. Estas rocas experimentaron deformaciones durante el Cretáceo tardío. En la depresión del Cauca, intrusivos sub-volcánicos de composición andesítica de edad Mioceno a más reciente intruyen sedimentitas terciarias y podrían ser la fuente de depósitos volcano-clásticos observados en la región.

La Cordillera Central está delimitada por dos importantes sistemas de fallas: al este, el sistema de Palestina-Mulato, que define la depresión geomorfológica del Valle del Magdalena; y al oeste, el sistema de Romeral, que separa geológicamente la Cordillera Central de la Cordillera Occidental

y delimita la depresión del Cauca. Este complejo contexto geológico contribuye a la riqueza y complejidad del paisaje geológico en el departamento de Caldas. (INGEOMINAS,1993)



*Imagen 6. Mapa geológico de los municipios estudiados durante las prácticas profesionales a partir del mapa geológico generalizado de Caldas*

*Fuente: INGEOMINAS, 1993*

## **6.1 Unidades cronoestratigráficas**

### **6.1.1 Paleozoico**

#### **6.1.1.1 Complejo Cajamarca**

El complejo metamórfico ubicado al este de la falla San Jerónimo, en la cordillera Central,

representa una extensa porción del territorio, según información recopilada de INGEOMINAS (1993). Este complejo se compone de diversas unidades con características químicas distintas, divididas en grupos significativos:

- **Grupo Pelítico:** Este grupo está constituido por esquistos sericíticos de tonalidad grisácea a negra. Localmente, puede presentar intercalaciones de cuarcitas y esquistos verdes, con grano fino a muy fino y estructura foliada, a menudo replegada. Variaciones tanto en textura como en composición son comunes, pudiendo pasar de una textura esquistosa a néisica o pizarrosa, y la composición puede cambiar a cuarcita, filita o esquisto micáceo. También incluye rocas metamórficas de bajo grado, como pizarras, filitas, metagrauvascas y metarenitas, que han experimentado condiciones bajas de presión y temperatura.
- **Grupo de Cuarzo:** Este grupo está compuesto principalmente por cuarcitas con variaciones estructurales desde granoblásticas de grano fino y color gris, hasta esquistosas. Presenta cuarzo en mosaicos con biotita, y en los ejemplares más metamorfizados, se pueden observar microblastos de andalucita, granate, cordierita y sillimanita fibrosa.
- **Grupo Calcáreo:** Se trata de rocas de mármol con un tamaño de grano que varía entre fino y grueso. Tienen un color que oscila entre gris oscuro y blanco, compuestas principalmente por calcita y en menor proporción cuarzo, grafito, clorita, epidota y tremolita.
- **Grupo Básico:** Este grupo está formado por esquistos verdes bien foliados, ricos en anfíbol-epidota y plagioclasa sódica, con menor proporción de cuarzo, calcita y esfena.

En cuanto a la edad, el complejo metamórfico exhibe rocas con edades radiométricas que abarcan desde el Precámbrico hasta el Cretácico. Este rango temporal sugiere la presencia de varios

eventos metamórficos, dando lugar a un conjunto polimetamórfico resultado de eventos superpuestos en el tiempo y bajo diferentes condiciones de presión y temperatura, según estudios de Restrepo y Toussaint (1982-1985), citados en INGEOMINAS (1993).

## 6.1.2 Cretácico

### 6.1.2.1 Formación Barroso

La Formación Barroso, originalmente identificada por Álvarez (1971) como se citó en Estrada et al. (2001), inicialmente se denominó como la formación volcánica perteneciente al Grupo Cañasgordas. No obstante, Álvarez y González (1978), citados en la misma fuente, la designaron como Formación Barroso.

Rodríguez y Arango M. I. (2013) proporcionan una descripción más detallada de esta formación, la cual se caracteriza por su composición basáltica y andesítica, incluyendo lavas almohadilladas, flujos y brechas (Restrepo, J. J. & Toussaint, J-F., 2020). Estos elementos se intercalan con tobos y aglomerados, junto con capas sedimentarias que contienen chert, lodolitas, limolitas y grauwas, brindando a la Formación Barroso una complejidad geológica que la distingue en términos de su variabilidad litológica y su importancia en el contexto geológico regional.

En términos de las edades asociadas a la Formación Barroso, Estrada (1995) en Estrada et al. (2001) propone edades de  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  de  $77 \pm 3$  Ma, indicando que la formación se sitúa en el Cretácico Tardío en la porción norte de la unidad geológica. Además, se han sugerido edades Aptiano-Albiano basadas en la fauna hallada en las rocas sedimentarias asociadas a esta formación, según los trabajos de Etayo et al. (1980) y Etayo (1989), citados en Estrada et al. (2001). Por lo tanto, se puede ubicar temporalmente la Formación Barroso desde el Cretácico Temprano Tardío hasta el Cretácico Tardío. En contraste, Toussaint y Restrepo (1978) informan

edades K/Ar en roca total de  $105 \pm 10$  Ma.

En cuanto al origen de esta formación, Rodríguez y Arango, M. I. (2013), proponen que las rocas volcánicas se formaron en un arco volcánico toleítico. Sin embargo, la presencia de intercalaciones con rocas sedimentarias de fondo marino, como chert y limolitas, respalda la hipótesis de un origen marino para esta unidad, como se sugiere también en el estudio de Cartwright (2019). Estas consideraciones temporales y geológicas contribuyen a una comprensión más completa de la evolución de la Formación Barroso en el contexto geológico de la región.

#### **6.1.2.2 Plutón de Mistrató**

El Plutón de Mistrató, inicialmente definido por Calle, B & González (1982), se considera de edad Cretácica, según Vallejo et al. (2011). Este complejo geológico, descrito por Vallejo et al. (2011), abarca rocas intrusivas de composición gabroica a tonalítica, así como rocas metamórficas de alto grado, identificadas como granulitas. El componente intrusivo básico comprende microgabros, gabros y cuarzo-gabros con cristales de tamaño variable de medio a fino, presentando un color gris verdoso con plagioclasas y piroxenos como minerales principales, junto con anfíboles y actinolita como minerales de alteración. El componente intrusivo ácido se clasifica como cuarzodioritas a granodioritas, compuesto mayoritariamente por plagioclasas y cuarzo, con menor proporción de hornblenda, biotita±titanita según análisis microscópicos (Vallejo et al., 2011). Vallejo et al. (2011) a partir de análisis de campo, petrográficos y geoquímicos, lo redefinen como una metabasita de alto grado de metamorfismo, específicamente, una granulita.

En relación con el origen de esta unidad, Salazar, A. F. (2011) propone una hipótesis intrigante.

Sugiere que el cuerpo de composición máfica, catalogado como Granulita de Mistrató, tiene su origen asociado a un protolito básico perteneciente a una corteza oceánica. Este protolito habría sido subducido en un arco volcánico, representando un relictos de la corteza subducida que experimentó procesos de fusión parcial. Mientras tanto, el cuerpo intrusivo ácido se origina geoquímicamente a partir de basaltos calcoalcalinos, los cuales están vinculados generalmente a ambientes de arcos continentales (Salazar, A.F., 2011).

Respecto a las edades del Plutón de Mistrató, se han registrado edades K/Ar en roca total de  $46 \pm 7$  Ma, según González & Londoño (1998). En el caso del cuerpo catalogado como Granulita de Mistrató, no se disponen de dataciones directas; no obstante, se han propuesto edades del Cretácico Inferior e incluso del Pre-Cretácico, según las sugerencias de Salazar, A. F. (2011). Estas edades son cruciales para la comprensión temporal y evolutiva de este complejo geológico y su relevancia en el contexto regional.

### 6.1.2.3 Gabro de Anserma

El gabro de Anserma fue previamente caracterizado por González, H. (1993) y se presenta como un cuerpo de forma tabular en dirección norte-sur. Exhibe una coloración gris oscuro, una textura masiva y un tamaño de grano que varía de fino a medio. Desde el punto de vista composicional, este gabro abarca variedades que incluyen troctolita, gabronorita olivínica y gabro, según lo indicado por Estrada y Viana (1998).

En relación con la ubicación temporal de este cuerpo, Estrada (1995), como se menciona en el informe de Salazar, A.F (2011), informó edades K/Ar de  $76 \pm 1.7$  y  $76 \pm 1.7$  Ma. No obstante, Toussaint (1996), citado por Salazar, A.F (2011), aclara que estas edades corresponden a la influencia de un evento térmico ocurrido a finales del Cretácico, más que a la edad de

cristalización de los plutones.

#### **6.1.2.4 Stock de Irra**

Se ha identificado un cuerpo de composición monzodiorita ubicado en el flanco occidental de la Cordillera Central y en la parte oriental de la Cordillera Occidental. Este cuerpo exhibe una variación composicional que abarca desde monzodiorita piroxénica hasta cuarzomonzonita biotítica. La posición geográfica y las relaciones con las unidades circundantes indican su asignación al Terciario Inferior; sin embargo, existe la posibilidad de que sea ligeramente más antiguo y pueda correlacionarse con los stocks de Cambumbia y Támesis del Cretácico Inferior tardío, según lo propuesto por Restrepo et al. en 1982, como se menciona en INGEOMINAS (1993).

#### **6.1.2.5 Formación Amagá**

La Formación en cuestión ha sido subdividida en tres Miembros, considerando la presencia o ausencia de carbón, el espesor y la presencia de niveles conglomeráticos. En primer lugar, el Miembro Inferior (Toi) se distingue por la presencia de conglomerados polimícticos con clastos de rocas metamórficas mal seleccionados, así como arenitas conglomeráticas de tonalidad gris. El Miembro Medio (Tom) se caracteriza por la presencia de mantos de carbón, acompañados de bancos de arenitas que gradualmente dan paso a arenitas arcillosas y arcillolitas, con la ocasional presencia de fósiles de plantas. Finalmente, el Miembro Superior (Tos) se caracteriza por la ausencia de mantos de carbón, presentando predominantemente arenitas oscuras, así como limolitas y arcillolitas de color ocre.

Estudios detallados de esta formación han proporcionado información valiosa sobre su edad. Se

ha determinado que la Formación pertenece al Oligoceno Superior-Mioceno Inferior, según investigaciones llevadas a cabo por Van de Hamman en 1957-1958, como se cita en IGEO MINAS (1993).

#### **6.1.2.6 Rocas hipoabisales porfídicas**

Ubicadas en el flanco occidental de la Cordillera Central y en la oriental de la Cordillera Occidental, se encuentran intrusivos subvolcánicos de origen mioceno que destacan en el relieve de la región. Estos intrusivos se distinguen por su textura porfídica, presentando variaciones en la relación matriz/fenocristales. La composición preponderante es de pórfidos andesíticos, los cuales exhiben fenocristales de hornblenda y plagioclasa. Estos cuerpos intrusivos, en su mayoría, se manifiestan como intrusiones en los sedimentos terciarios de la Formación Amagá, brindando una perspectiva clave para comprender la dinámica geológica y los procesos magmáticos que han influido en la evolución de esta región durante el Mioceno IGEO MINAS (1993).

#### **6.1.2.7 Formación Combia**

La Formación Combia, según González (1976), se encuentra constituida por rocas volcánicas y está subdividida en dos miembros distintos. El Miembro Superior presenta un carácter principalmente volcanoclástico, con un predominio de epiclastitas mal consolidadas. Por otro lado, el Miembro Inferior se caracteriza por su naturaleza predominantemente volcánica (Borrero, C & Toro Toro, 2016). Este miembro está compuesto por lavas basálticas y andesíticas, aglomerados, brechas volcánicas, tobas, conglomerados con matriz tobácea y areniscas tobáceas. Además, incluye cuerpos de pórfidos andesíticos y dacíticos, según lo descrito por Restrepo et al. (1981) y Leal-Mejía (2011).

### **6.1.3 Cuaternario**

#### **6.1.3.1 Flujo de lodo**

Este depósito se compone de cantos y bloques de vulcanitas andesíticas, pumitas, esquistos, plutonitas graníticas y cuarzo lechoso, todo ello encajado en una matriz piroclástica formada por ceniza, arena, lapilli pumítico y fragmentos de rocas volcánicas. Estos sedimentos resultan de la actividad explosiva de los volcanes en la zona, así como de los correspondientes flujos de escombros que fueron expulsados hacia la base de la Cordillera Central y el Valle del Cauca. Este proceso ocurrió a lo largo de los cauces de los ríos y arroyos, especialmente durante los eventos de deshielo asociados al vulcanismo en la región (INGEOMINAS,1993).

#### **6.1.3.2 Aluviones recientes**

Estos depósitos son comúnmente encontrados rellenando los valles de los ríos Magdalena y Cauca, así como la parte baja de numerosos afluentes en la región. Se caracterizan por estar compuestos por bloques, gravas, arenas y limos, dentro de una matriz areno-arcillosa. Estas formaciones representan generalmente llanuras formadas por inundaciones repetidas y, en algunos casos, por flujos de lodo que posiblemente estén relacionados con procesos de deshielo.

## **6.2 Geología estructural**

En el mapa geológico generalizado del departamento de Caldas elaborado por INGEOMINAS (1993), se observa que el departamento se sitúa en el límite geológico-geográfico de las cordilleras Central y Occidental, lo que influye en su actividad tectónica, predominantemente guiada por la interacción de estas dos cordilleras. La Cordillera Central exhibe un marcado plegamiento, fallamiento y levantamiento originados por la actividad de dos sistemas de fallas

aproximadamente perpendiculares. El primero abarca las fallas Cauca-Romeral y Palestina-Mulato al este, con direcciones NNE-SSW y NE-SW, mientras que el segundo sigue la dirección NW-SE a E-W e involucra la falla Salamina-Marulanda y el alineamiento del río Arma, coincidiendo con las direcciones de los sistemas tectónicos de la cadena Andina.

En contraste, la Cordillera Occidental se localiza entre la zona de falla de Romeral y la fosa del Atrato.

Aunque el límite geológico entre las cordilleras no coincide exactamente con el límite geográfico definido por el río Cauca, la distinción entre ellas es evidente. La Cordillera Central está mayormente compuesta por un basamento continental polimetamórfico de baja presión identificado como "Complejo Cajamarca". Por otro lado, la Cordillera Occidental se caracteriza esencialmente por rocas de origen oceánico con una edad predominante del Cretácico. El límite entre ambas cordilleras está marcado significativamente por el sistema de falla Cauca-Romeral, especialmente por su expresión más occidental, la falla Cauca-Almaguer.

## 7 METODOLOGÍA

### 7.1 Recopilación de información respecto a la ejecución de la metodología de EDANA-C para eventos originados en el departamento de Caldas tras la ocurrencia del último fenómeno de la Niña (niña entre agosto del 2020 y abril del 2023)

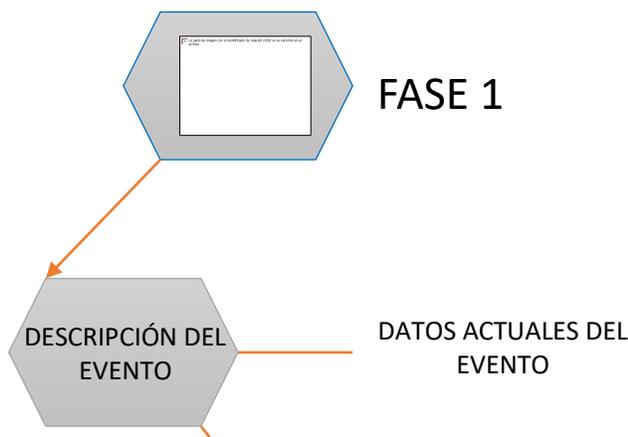
La Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales Pos desastre EDANA-C es una herramienta que facilita el registro de la evaluación de daños, permite la identificación y estimación de pérdidas, así como de las necesidades ambientales requeridas por el ecosistema, en este caso luego de la ocurrencia de eventos ocasionados por el fenómeno de la Niña, tales como

inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa y vendavales. Del mismo modo, esta metodología proporciona posibles actividades que apuntan a una restauración ante la afectación

La guía divide el proceso en 3 fases:

- En la **Fase 1**, se centra principalmente en la exploración detallada de la zona afectada.

Inicialmente, se realiza una descripción integral del evento, capturando los datos esenciales, como la localización geográfica y el municipio pertinente. Posteriormente, se lleva a cabo la evaluación pre evento, que implica la recopilación meticulosa de información sobre la zona en cuestión. Esto incluye determinar si el área corresponde a un espacio de importancia ambiental, como áreas designadas para conservación, restauración, recuperación y protección. Se analiza la cobertura vegetal mediante la metodología de Corine Land Cover, se identifican las especies de flora y fauna nativas, amenazadas o endémicas, y se examinan los recursos hídricos en función del tipo de drenaje y su ubicación en la cuenca. Asimismo, se clasifica el tipo de suelo mediante una evaluación agrológica. Una vez recopilada toda esta información, se procede a realizar un diagnóstico detallado de las afectaciones o daños en cada variable mencionada. Este diagnóstico incluye la creación de mapas de afectación para cada variable, lo cual resulta fundamental para establecer los parámetros y objetivos de la siguiente fase, la Fase 2. La calidad de este diagnóstico sienta las bases para la planificación efectiva de acciones y estrategias de mitigación ambiental.



*Imagen 7. Diagrama de flujo sintesis de la fase 1 para la ejecución de la EDANA-C*

este trabajo va a tener como línea de base las cuencas y/o microcuencas registradas en Caldas, de acuerdo al nivel de detalle, por lo tanto, la información de sus respectivos POMCAS, lo que obtenga a partir de la base datos de Corpocaldas, de los informes de cada punto crítico, OT'S de la zona o en su defecto información levantada en campo, por tal razón , dado que como se ha visto, esta metodología se enfoca principalmente en lo ambiental, se hace indispensable recurrir a profesionales del área de biodiversidad como forestales-agrónomos y biólogos para que faciliten información de su profesión requerida en el formato EDANA-C.

- La **fase dos** de este proceso se centra en la categorización del daño ambiental y la posterior estimación económica asociada. Para llevar a cabo esta tarea, el formato asigna a cada variable, según su descripción en la fase 1, un número que varía de 1 (indicando la

afectación más baja) a 3 (indicando la afectación más alta). Este número se determina considerando la importancia ambiental de la variable y su capacidad de recuperación.

Variable	Sub variable	Calificación para afectación	Categoría Afectación
Área de importancia ambiental	Conservación	3	Alta
	Preservación	3	Alta
	Restauración	3	Alta
	Recuperación	3	Alta
	Protección	3	Alta
	No presenta AIA	1	Baja
Cobertura Corine land cover	Tejido urbano continuo	1	Baja
	Tejido urbano discontinuo	1	Baja
	Construcciones Rurales	1	Baja
	Zonas industriales o comerciales	1	Baja
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1	Baja
	Zonas portuarias	1	Baja
	Aeropuertos	1	Baja
	Obras hidráulicas	1	Baja
	Zonas de extracción minera	1	Baja
	Zonas de disposición de residuos	1	Baja
	Zonas verdes urbanas	1	Baja
	Instalaciones recreativas	1	Baja
	Otros cultivos transitorios	1	Baja
	Cereales	1	Baja
	Oleaginosas y leguminosas	1	Baja
	Hortalizas	1	Baja
	Tubérculos	1	Baja
	Cultivos permanentes herbáceos	1	Baja
	Cultivos permanentes arbustivos	1	Baja
	Cultivos permanentes arbóreos	2	Media
	Cultivos agroforestales	2	Media
	Cultivos confinados	1	Baja
	Pastos limpios	1	Baja
	Pastos arbolados	2	Media
	Pastos enmalezados	1	Baja
	Mosaico de cultivos	1	Baja
	Mosaico de pastos y cultivos	1	Baja
Mosaico de cultivos, pastos y	1	Baja	

	espacios naturales		
	Mosaico de pastos con espacios naturales	2	Media
	Mosaico de cultivos y espacios naturales	2	Media
	Bosque denso	3	Alta
	Bosque abierto	3	Alta
	Bosque fragmentado	3	Alta
	Bosque de galería y/o ripario	3	Alta
	Plantación forestal	2	Media
	Herbazal	3	Alta
	Arbustal	3	Alta
	Vegetación secundaria o en transición	2	Media
	Zonas arenosas naturales	3	Alta
	Afloramientos rocosos	1	Baja
	Tierras desnudas y degradadas	1	Baja
	Zonas quemadas	1	Baja
	Zonas glaciares y nivales	3	Alta
	Zonas pantanosas	3	Alta
	Turberas	3	Alta
	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2	Media
	Pantanos costeros	3	Alta
	Salitral	2	Media
	Sedimentos expuestos en bajamar	2	Media
	Ríos (50 m)	3	Alta
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3	Alta
	Canales	2	Media
	Cuerpos de agua artificiales	2	Media
	Lagunas costeras	3	Alta
	Mares y océanos	3	Alta
	Estanques para acuicultura marina	1	Baja
Fauna	Especies Nativa	1	Baja
	Especies Amenazadas	2	Media
	Especies endémicas	3	Alta
Flora	Especies Nativa	1	Baja
	Especies Amenazadas	2	Media
	Especies exóticas	2	Media
	Especies endémicas	3	Alta

Recurso Hídrico	Cuenca Alta - Drenaje Doble	3	Alta
	Cuenca Alta - Drenaje Sencillo Permanente	3	Alta
	Cuenca Alta - Drenaje Sencillo Intermitente	2	Media
	Cuenca Media - Drenaje Doble	3	Alta
	Cuenca Media -Drenaje Sencillo Permanente	2	Media
	Cuenca Media -Drenaje Sencillo Intermitente	1	Baja
	Cuenca Baja - Drenajes Dobles	3	Media
	Cuenca Baja - Drenajes Sencillos Permanentes	1	Baja
	Cuenca Baja - Drenajes Sencillos Intermitentes	1	Baja
	Cuerpos de agua	3	Alta
	No se presentan	1	Baja
	Recurso Suelo	Clase I	1
Clase II		1	Baja
Clase III		1	Baja
Clase IV		1	Baja
Clase V		2	Media
Clase VI		3	Alta
Clase VII		3	Alta
Clase VIII		3	Alta
Aire	No	1	Baja
	Baja presencia de afectaciones	2	Media
	Emisión de CO2 y material particulado	3	Alta

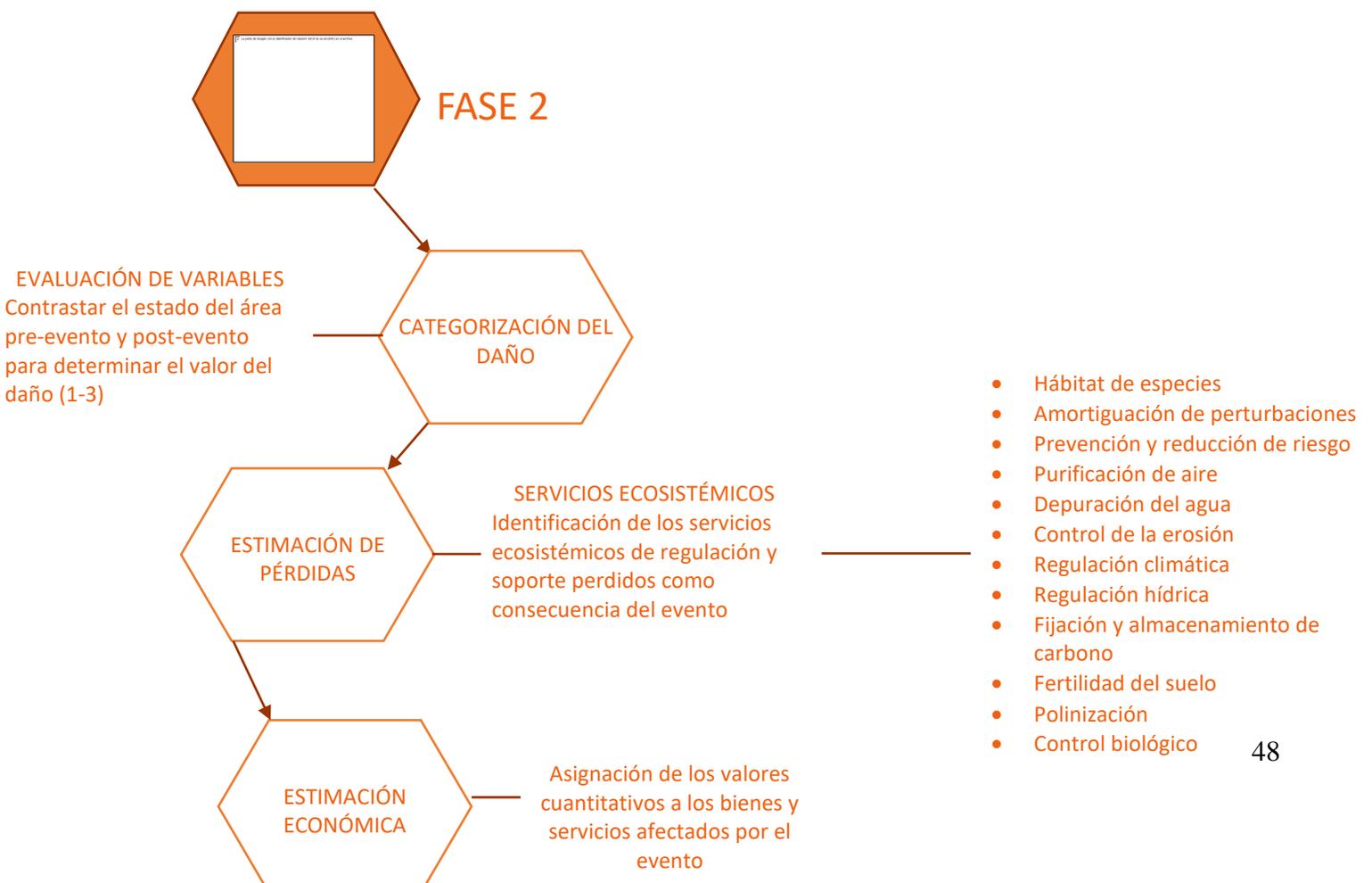
Tabla 1 Categorización de las variables utilizadas para el cálculo del daño ambiental  
Fuente: Arenas, G. 2021

Posteriormente, se procede a la estimación de pérdidas basada en los servicios ecosistémicos de regulación y soporte afectados. La estimación económica resultante se fundamenta en la categorización general del daño, que se logra sumando todos los mapas de las variables afectadas por el evento.



Imagen 8. *Fórmula para el cálculo del daño ambiental*  
Fuente: Arenas, G. 2021

Este proceso implica la aplicación de diversas operaciones espaciales mediante álgebra de mapas. El resultado final representa el daño ambiental de la zona en una representación cartográfica, clasificado en escalas de impacto medio, alto y bajo. Este enfoque sistemático y cuantitativo permite una evaluación detallada y visualmente representativa de la magnitud del impacto ambiental en la región bajo estudio.

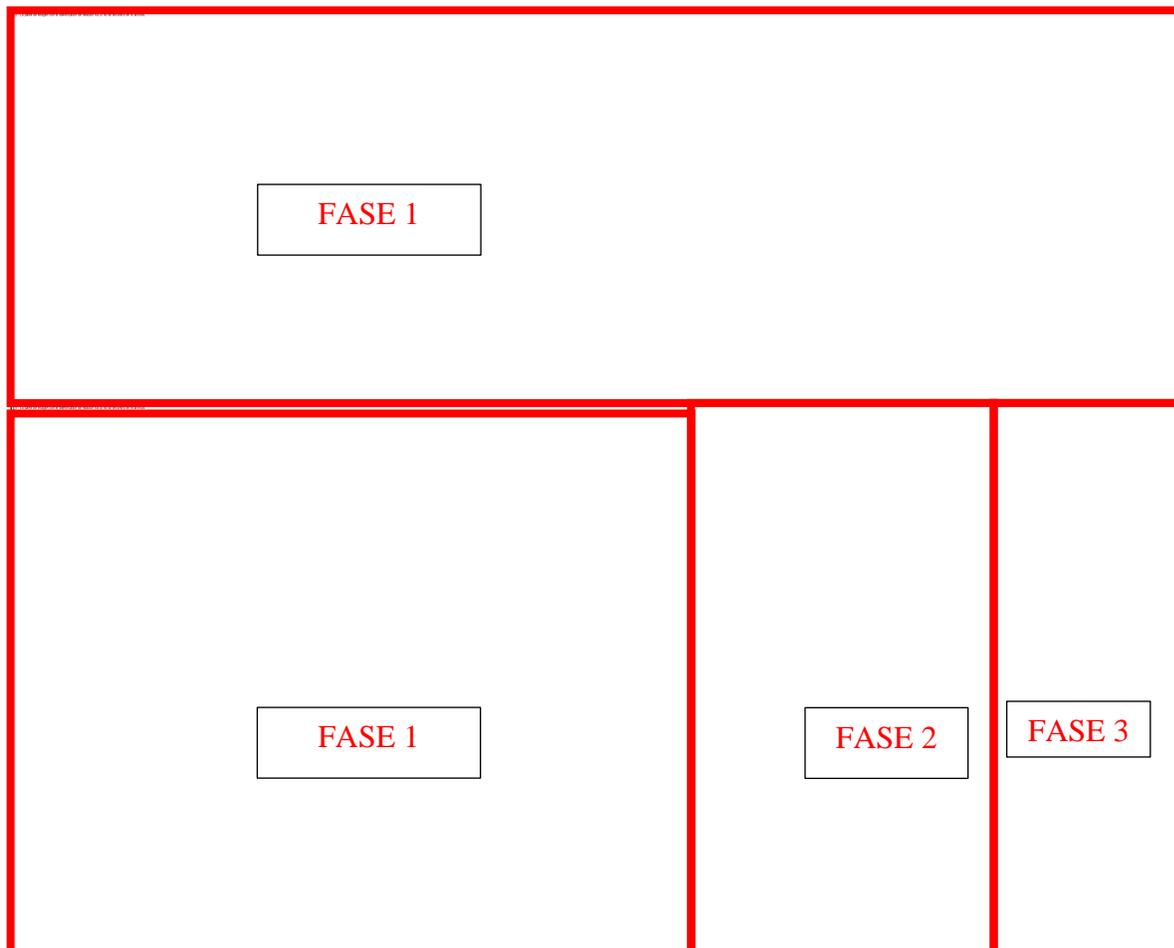


*Imagen 9. Diagrama de flujo síntesis de la fase 2 para la ejecución de la EDANA-C*

- En la **fase tres** de la guía se establecen los requerimientos de restauración de las necesidades ambientales por medio de servicios ecosistémicos afectados por el evento. Adicionalmente, se procede con la valoración económica del daño ambiental, un paso que implica la previa categorización general del impacto. Esta categorización es esencial para determinar la extensión en hectáreas abarcada por cada nivel de daño. Posteriormente, en función del servicio ecosistémico afectado por el evento, se identifican las actividades necesarias para su recuperación. La metodología asigna a cada una de estas actividades una valoración económica promedio estandarizada para todo el país. Entre las actividades sugeridas por el formato se incluyen las siguientes:
  - Tala y poda de vegetación afectada (hectáreas)
  - Construcción de trinchos (metros)
  - Construcción de cunetas o zanjas
  - Análisis fisicoquímico del suelo
  - Análisis fisicoquímico del agua
  - Seguimiento y monitoreo
  - Siembras (reforestación)
  - Sobre vuelo drones
  - Estudios y diseños
  - Costo estimado de remoción de escombros

Finalmente, una vez efectuadas las tres fases de la guía, se debe presentar un informe en donde debe incluir:

- Descripción de la zona afectada
- Información de las variables de la línea base y del diagnóstico (Ficha Excel)
- Resultados cartográficos
- Cartografía de los ecosistemas afectados
- Información del servicio de regulación alterado (ficha Excel)
- Priorización de áreas de importancia para la gestión del riesgo y que no se generen nuevos escenarios
- Información de las principales necesidades ambientales
- Conclusiones
- Recomendaciones





Estimación económica ambiental del daño				
Categorías	Hectáreas	Actividades orientadas a la recuperación		
Alta			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
		FASE 3	Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL ALTA</i>				<i>#N/D</i>
Media			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL MEDIA</i>				<i>#N/D</i>
Baja			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL MEDIA</i>				<i>#N/D</i>

Valoración Global Actividades \$
Valoración Económica Ambiental Total Actividades \$
#N/D

Imagen 10. Ficha de EDANA-C en la cual se recopila la información obtenida en cada fase de la metodología  
Fuente: Arenas, G. (2021)

### 7.1.1 Selección de los sitios priorizados a los cuales se les pretende aplicar la metodología de EDANA-C

Una vez adquirido un conocimiento suficiente acerca de la metodología de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales (EDANA-C), se detectó que la principal problemática al implementar el formato radica en la escasez de información en ciertas áreas que requieren un conocimiento más detallado. Con el objetivo de abordar este desafío, se llevaron a cabo entrevistas con profesionales de la Subdirección de Infraestructura. Como resultado de este proceso, se priorizaron eventos ocurridos en Caldas durante el fenómeno de La Niña, que generaron impactos ambientales a nivel de cuencas o microcuencas.

Dado el considerable número de sitios y la limitación de tiempo durante el periodo de prácticas profesionales, se tomó la decisión estratégica de organizar una reunión con los profesionales de las Subdirecciones de Infraestructura Ambiental y Biodiversidad y Ecosistema. El propósito de este encuentro fue filtrar y seleccionar cuidadosamente los sitios a los cuales se aplicaría la metodología.

### 7.2 Realizar acompañamiento de campo a las visitas, cuando sea requerido

Con el objetivo de alcanzar las metas establecidas durante las prácticas académicas, se ha

implementado un seguimiento activo mediante recorridos en campo, focalizados en abordar las solicitudes recibidas por la Subdirección de Infraestructura Ambiental. Estas solicitudes conllevan desafíos específicos vinculados a la necesidad de desarrollar recomendaciones que contribuyan a mitigar el riesgo de eventos adversos. Con el fin de garantizar la ejecución eficaz de estas visitas, se han establecido diversas etapas que comprenden:

### **1. Revisión Bibliográfica y Antecedentes del Sitio de Interés:**

Se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura y los antecedentes relacionados con el sitio específico de interés. Esto proporciona una base de conocimientos esencial para comprender el contexto y los posibles riesgos asociados.

### **2. Visita de Campo al Sector:**

Se realiza una visita detallada al sector en el que se lleva a cabo el recorrido, explorando la zona de estudio de manera directa. Esto permite una evaluación in situ de las condiciones ambientales y de riesgo.

### **3. Recopilación de Información:**

La información obtenida durante la visita de campo se compila y complementa con datos recopilados de antecedentes y bibliografía previa. Esta fase es crucial para contar con una comprensión integral del entorno y sus riesgos asociados.

### **4. Apoyo en la Elaboración de un Informe Técnico:**

Se brinda apoyo en la creación de un informe técnico detallado que plasme la información



recopilada, junto con recomendaciones concretas para abordar la razón de la visita a la zona.

## **8 RESULTADOS Y ANALISIS**

### **8.1 Actualizar, georreferenciar y alimentar el visor ambiental de Corpocaldas, la información correspondiente las obras de mitigación construidas por Corpocaldas**

La denominada "hoja de vida" de una obra se refiere a un formato diseñado por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, que destaca aspectos característicos de una obra específica. Entre los elementos resaltados se encuentran el número de convenio bajo el cual se ejecuta la obra, los técnicos responsables de su implementación, la ubicación, una descripción general, fotografías del inicio y final del proyecto, los empleos generados, las familias beneficiadas, los metros cuadrados estabilizados, entre otros aspectos relevantes.

Dado que Corpocaldas dispone de una base de datos que muestra la ubicación de cada obra de mitigación y sus detalles más importantes, surgió la necesidad de incorporar las hojas de vida de aquellas obras que aún no se habían incluido en la base de datos geográfica. Considerando que las obras de años anteriores ya estaban integradas en Geoambiental, se reformuló el objetivo inicial para centrarse en incorporar las obras entregadas durante el año 2023. En consecuencia, durante la práctica académica, se logró agregar al visor de Corpocaldas la información correspondiente a

estas nuevas obras.

Numero de contrato	Municipio	Dirección	Descripción
192-2021	Viterbo	Calle 5 <sup>a</sup> , entre carreras 2 y 4	Construcción de pavimento de MR 42 en una longitud de 88.5 y 6.34 m de ancho y espesor de 0.18m; en el pavimento se implementó sardinel tipo B en ambos costados del pavimento a fin de direccionar las aguas lluvias hacia 4 sumideros tipo sifón, dispuestos en la parte media y baja de la vía pavimentada. También se reforzaron las losas con presencia de cámaras de la red de alcantarillado y de sumideros con acero de ½” dispuesto en doble parrilla separada cada 0.20 m.
192-2021	Viterbo	Carrera 2 <sup>a</sup> entre calles 5 y 6	Construcción de pavimento de MR 42 en una longitud de 60 y 6.34 m de ancho y espesor de 0.18m; en el pavimento se implementó sardinel tipo B en ambos costados del pavimento a fin de direccionar las aguas lluvias hacia 1 sumidero tipo sifón, dispuestos en la parte media y baja de la vía. También se reforzaron las losas con presencia de cámaras de la red de alcantarillado y de sumideros con acero de ½” dispuesto en doble parrilla separada cada 0.20 m.
192-2021	Viterbo	Carrera 3 entre calles 5a y 6	Construcción de pavimento de MR 42 en una longitud de 47.6 y 5.0 m de ancho y espesor de 0.18m; en el pavimento se implementó sardinel tipo B en ambos costados del pavimento a fin de direccionar las aguas lluvias hacia 1 sumidero tipo sifón, dispuestos en la parte media y baja de la vía. También se reforzaron las losas con presencia de cámaras de la red de alcantarillado y de sumideros con acero de ½” dispuesto en doble parrilla separada cada 0.20 m.

192-2021	Viterbo	Quebrada El Mellizo	<p>Se construye dique en gaviones de piedra el cual en el sentido transversal a la quebrada comprende una longitud de 9.20 ml y una altura de 2.20 m. El dique contiene una estructura central tipo Box Culvert de 2 m de ancho y 1 m de altura con acero de refuerzo, por el cual circula el flujo de la quebrada. Toda la estructura de los gaviones del dique, van recubiertos en concreto para proteger la malla de los gaviones</p> <p>El dique va cimentado sobre una estructura en enrocado 50% piedra y 50% concreto, en un espesor de 0.50 m; éste mismo enrocado se implementó como estructura de entrega al dique, así como de salida o descole.</p>
192-2021	Viterbo	Quebrada Limones	<p>Se construye muro de contención en gaviones de piedra a fin de complementar estructura existente de las mismas características. El muro construido comprende una longitud de 4 m de longitud, 3 m de altura y 2.0 m de ancho. La estructura del muro esta cimentada sobre un enrocado 50% piedra y 50% concreto; además los gaviones van recubiertos en concreto a fin de proteger la malla de la oxidación</p>
195-2021	Anserma	Sector San Isidro	<p>Se construyó una pantalla en talud posterior a viviendas de espesor = 0.10 m, con anclajes pasivos a profundidad de 5.6 ml, la pantalla comprende un área de 92.2 m<sup>2</sup>. En la parte superior de la pantalla se perfilo el talud para disminuir su inclinación y se implementaron anclajes pasivos de 5.6 Ml (apuntillamiento).</p> <p>Se implementaron obras complementarias en para manejo y control de aguas superficiales como zanja colectora en la corona de la pantalla, berma en concreto en la base de la pantalla que interceptan las aguas lluvias y posteriormente son dirigidas hacia la cuneta de la vía a través de tubería de 6" en un tramo de 20.2 ml</p>
195-2021	Anserma	Centro Vacacional Las Margaritas	<p>Se construyó un muro de contención en gaviones de piedra y malla recubierta con PVC en una longitud de 20 ml y 3 m de altura de los cuales son 2 m de base, 2 m cuerpo intermedio y 1 m el último cuerpo. Además, fue necesario realizar llenos en la parte posterior al muro en un volumen aproximado a los 42 m<sup>3</sup></p> <p>El muro va cimentado sobre una base de enrocado de concreto 50% piedra y 50% concreto, de 0.50 m de espesor x 2.0 m de ancho y 20 ML de longitud</p>

195-2021	Anserma	Sector Siracusa	<p>Según el diseño de las obras, se conforman dos terrazas en el talud, sobre las cuales se proyecta una pantalla de espesor de 0.15 m en la parte superior con anclajes pasivos a profundidad de 8.7 m y de 14.60 m de longitud y altura de 7.10 m, soportada sobre pilotes a 4.0 m de profundidad y viga de cimentación, en el talud inferior se construye pantalla de e=0.15 de 14.6 m de longitud y altura de 5.2 m, con anclajes pasivos de 8.7 m de profundidad. En la corona de la pantalla superior se construye una zanja colectora, al igual que en el intermedio de las dos pantallas y en la base de la inferior, las aguas colectadas son conducidas por un canal de rápidas con tapa hasta entregar a una cámara localizada en la parte baja y posteriormente se conectan a una cámara de la vía a través de tubería Novafort de 10". En la parte alta del talud se realizó perfilado para disminuir la inclinación y se revegetalizó el área con siembra de Vetiver.</p>
194- 2021	Neira	Box Culvert. Qda Matadero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rocería y limpieza de 200 m2 – área de intervención y área adyacente.</li> <li>2. Perfilado de taludes para adecuación final del predio – 413,46 m3.</li> <li>3. Excavaciones a cielo abierto en tierra, conglomerado y roca – 804,45 m3.</li> <li>4. Construcción de box culvert – 20,1 metros de longitud, 2,1 metros de altura y 2,8 metros de ancho con paredes de 0,30 metros de espesor.</li> <li>5. Construcción de 12 estructuras escalonadas al interior del box culvert de 2,2 metros de ancho, 1,3 metros de longitud y 0,25 metros a espesor, con el fin de disipar la energía el agua.</li> <li>6. Construcción de 209,8 m3 de enrocados con ligante proporción 50% / 50% (concreto-piedra) utilizados para la nivelación del fondo del cauce y entrega final del box culvert.</li> <li>7. Instalación de 74,6 metros lineales de junta PVC de 0,22 metros.</li> <li>8. Instalación de 7.969,21 kilogramos de acero de refuerzo No. 5.</li> <li>9. Demoliciones – 61,28 m3, estructura fallada y otros.</li> <li>10. Construcción de filtros laterales paralelos al box culvert – 20.1 metros de longitud, 2 metros de altura y 0.30 metros de espesor. Se utilizó tubería acanalada sin tela de 100 mm y geotextil NT 1600.</li> </ol> <p>Acarreos al hombro y en buggy en fuerte pendiente</p>
			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rocería y limpieza de 310 m2 – área de intervención y área adyacente.</li> <li>2. Instalación de 358,2 m2 de plástico.</li> </ol>

<p><b>194- 2021</b></p>	<p>Neira</p>	<p>Camino cementerio-cantadelicia</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Excavaciones en zanja tierra y conglomerado – 293,90 m3.</li> <li>4. Excavaciones a cielo abierto en conglomerado y roca – 56,8 m3.</li> <li>5. Otras excavaciones en conglomerado y roca – 55,7 m3.</li> <li>6. Perfilado de taludes en tierra – 30,9 m3.</li> <li>7. Instalación de 16,1 m3 de solado de limpieza.</li> <li>8. Construcción de 76,3 m3 de canal con pantallas deflectoras y rápidas con tapa – sección 1 x 1 metro, paredes de 0,15 metros de espesor.</li> <li>9. Construcción de 11,3 m3 de box culvert – 7,55 metros de longitud, 1,15 metros de ancho, 0,9 metros de altura y paredes de 0,2 metros de espesor.</li> <li>10. Construcción de una estructura de disipación para transición entre canal y box culvert existente – sección de 1,5 x 1,5 metros, 3,2 metros de profundidad y paredes de 0,15 metros de espesor.</li> <li>11. Instalación de 82,8 metros lineales de junta PVC de 0,15 metros.</li> <li>12. Instalación de 5.660,3 kilogramos de acero de refuerzo No. 3, 4 y 5.</li> <li>13. 16,7 m3 de demoliciones – canal y box culvert que existían, entre otros.</li> <li>14. Construcción de sumidero transversal – 2 metros lineales.</li> <li>15. Utilización de 12 metros de tubería de 6” y 13 metros de tubería de 24” para desvío del cauce.</li> <li>16. Instalación de 4 metros de tubería de 10” para conexión de sumidero construido.</li> <li>17. Instalación de 79 anclajes con epóxico ½ x 4”.</li> <li>18. Acarreos al hombro y en buggy en fuerte pendiente. Jornales – obrero y oficial</li> </ol>
<p><b>194- 2021</b></p>	<p>Neira</p>	<p>Vereda Pan de Azúcar</p>	<p>Rocería y limpieza de 160 m2 – área de intervención y área adyacente.</p> <p>Excavaciones en tierra y conglomerado.</p> <p>Rellenos alrededor de estructuras</p> <p>Excavaciones en tierra y conglomerado para caissons de 6 metros de profundidad.</p> <p>Construcción de muro de contención en concreto reforzado – 17,3 metros de longitud, 4,8 metros de altura y 0,5 metros de espesor promedio.</p> <p>Construcción de zapata de cimentación – 17,3 metros de longitud, 3,7 metros de ancho y 0,7 metros de espesor.</p> <p>Concreto para 6 anillos de 6 caisson – 14,7 m3.</p> <p>Concreto para 6 caisson – 28,3 m3.</p> <p>Construcción de 2 estructuras de disipación – encole y descole transversal.</p> <p>Instalación de 10.303 kilogramos de acero de refuerzo No. 3, 4, 5 y 6.</p> <p>Instalación de 17,5 metros lineales de tubería de 3” para lloraderos (35) del muro de contención.</p> <p>Instalación de 6 metros de tubería de 24” – transversal.</p>

			<p>Instalación de 21,3 m<sup>3</sup> de material filtrante tipo piedra para construcción de espaldón filtrante – 17,3 metros de longitud, 4,1 metros de altura y 3,0 metros de espesor. Se utilizó tubería acanalada sin tela de 100 mm y geotextil NT 1600.</p> <p>Acarreos al hombro y en buggy en fuerte pendiente</p>
205 - 2021	Marmato	Vereda Cabras	<p>Conformación manual de talud (perfilado), para construcción de muro en concreto reforzado con anclajes pasivos.</p> <p>Construcción de muro en concreto reforzado con 5 anclajes pasivos, de 6 metros de longitud reforzados con acero corrugado No. 6, el cuerpo del muro consta de una doble parrilla en acero corrugado No. 4 @ 0.20 metros, soportado sobre una viga de enlace de sección (0.6 m x 0.4 m) y 5 micropilotes de diámetro 0.35 metros con 2.5 metros de profundidad. El muro tiene las siguientes dimensiones (3.4 m x 1.9 m x 0.3 m) y (3.6 m x 3.1 m x 0.3 m).</p> <p>Construcción de 5 dados en concreto ciclópeo (muertos), para los anclajes pasivos del muro (1.2 m x 0.6 m x 0.6 m) localizados sobre la margen derecha de la vía existente.</p>
205 - 2021	Marmato	Jiménez Bajo	<p>Conformación manual de talud (perfilado) y excavación, para construcción de peatonal (rampa) en concreto. (24.3 m x 1.5 m) + (1.7 m x 1.2 m)</p> <p>Construcción de peatonal (rampa) en concreto de 3.000 PSI y 0.10 metros de espesor, sobre una base de afirmado de 0.10 metros y reforzada con malla electrosoldada D131. (24.3 m x 1.5 m x 0.1 m) + (1.7 m x 1.2 m x 0.1 m)</p> <p>Construcción de sardinel tipo A en concreto de 3.000 PSI, sobre ambas márgenes de la peatonal (rampa) construida. (54.3 MI)</p>
205 - 2021	Marmato	La Betulia - Javier Moreno	<p>Erradicación de cuatro (4) unidades, de especies arbustivas, que presentaban altura, peso e inclinación hacia las viviendas, existentes en la zona de intervención.</p> <p>Conformación manual de talud (perfilado), para construcción de pantalla anclada pasiva. (5.9 m x 2.9 m x 1.0 m) + (5.7 m x 2.6 m x 1.0 m).</p> <p>Construcción de pantalla anclada pasiva de 0.10 metros de espesor, con 15 anclajes de 5.6 metros de profundidad y diámetro 4”, inyectados con lechada relación A/C= 0.45, con bomba a 70PSI, reforzados con acero corrugado No. 5, y</p>

			<p>3 bastones en acero No. 4. En las siguientes áreas (5.9 m x 2.9 m) + (5.7 m x 2.6 m)</p> <p>Construcción de bermas en concreto de 0.07 metros de espesor, en las siguientes áreas (5.9 m x 1.1 m) + (5.7 m x 0.2 m), localizadas sobre la corona de la pantalla pasiva.</p>
205 - 2021	Marmato	La Betulia – Melba Tangarife	<p>Erradicación de una (1) unidad, de especie arbustiva, que presentaba altura, peso e inclinación hacia la vivienda, localizada en la zona de intervención.</p> <p>Conformación manual de talud (perfilado), para construcción de pantalla anclada pasiva. (6.0 m x 3.0 m x 1.0 m).</p> <p>Construcción de pantalla anclada pasiva de 0.10 metros de espesor, con 9 anclajes de 5.6 metros de profundidad y diámetro 4”, inyectados con lechada relación A/C= 0.45, con bomba a 70 PSI, reforzados con acero corrugado No. 5, y 3 bastones en acero No. 4. En la siguiente área (6.0 m x 3.0 m).</p>
205 - 2021	Marmato	La Ranchería	<p>Conformación manual de talud (perfilado), para construcción de pantalla anclada pasiva. (4.85 m x 3.13 m x 0.3 m) + (4.1 m x 1.4 m x 0.3 m) + (2.1 m x 0.7 m x 0.3 m).</p> <p>Construcción de pantalla pasiva, con 17 anclajes de 2.5 metros de profundidad y diámetro 4”, inyectados con lechada relación A/C= 0.45, con bomba a 70PSI, reforzados con acero corrugado No. 5, 3 bastones en acero No. 4 y 1 cometa en acero No. 3. En las siguientes áreas (4.85 m x 3.13 m) + (4.1 m x 1.4 m) + (2.1 m x 0.7 m).</p> <p>Construcción de bermas en concreto (4.9 m x 0.63 m x 0.1 m) + (1.5 m x 1.15 m x 0.1 m) + (3.3 x 0.65 m x 0.1 m) + (3.4 m x 1.0 m x 0.1 m) sobre la corona y base de la pantalla.</p>

Tabla 2 Hojas de vida de las obras que han sido cargadas a la plataforma de geoambiental

## **8.2 Apoyo al grupo de estudios y diseños en la elaboración de conceptos técnicos en términos de geoamenaza**

Durante el desarrollo de la práctica he brindado apoyo en los siguientes proyectos:

### **8.2.1 Apoyo en la elaboración de estudios de ocupación del cauce en la vereda Aguabonita, Manizales, Caldas.**

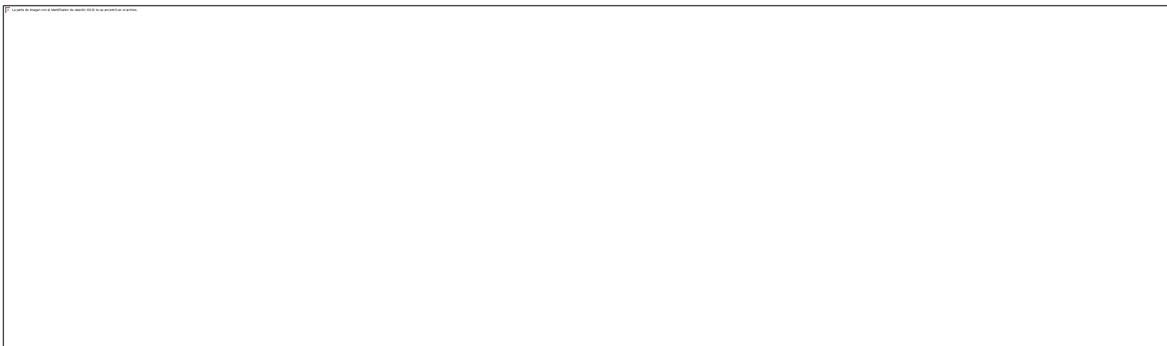
La región objeto de estudio se encuentra ubicada en la Cordillera Central, en el departamento de Caldas, con coordenadas de latitud  $5^{\circ} 0' 43,40''$  norte y longitud  $75^{\circ} 32' 55.14''$  oeste, abarcando un área de aproximadamente 27,44 km<sup>2</sup>. Las veredas Aguabonita y La Pola sirven como puntos de referencia en esta área. El relieve preponderante está caracterizado por un drenaje perteneciente a la subcuenca del río Chinchiná, el cual desemboca en dicho río. Según lo establecido por el decreto 1449 de 1997, los propietarios de terrenos están obligados a respetar una franja de 30 metros a ambos lados del drenaje. Sin embargo, durante la visita a la zona, se observaron viviendas ubicadas muy cerca de la quebrada, incumpliendo esta normativa. Por esta razón, los funcionarios de Corpocaldas decidieron realizar un permiso de ocupación del cauce de la quebrada N.N., que desemboca en el río Chinchiná y provoca la socavación del suelo en la vereda Aguabonita.



*Imagen 11. Localización de la zona en la vereda Aguabonita, Manizales, Caldas*

Como parte de mis responsabilidades durante las prácticas profesionales, llevé a cabo estudios geomorfológicos detallados asociados a la microcuenca en la que está ubicada la vereda.

Adicionalmente, realicé la caracterización de la geología regional en esta área específica. Mi contribución también se extendió al apoyo en la redacción del permiso de ocupación de cauce, asegurando la precisión y la conformidad con las normativas vigentes. Estos estudios y actividades formaron parte integral de un enfoque multidisciplinario para comprender y abordar los desafíos relacionados con la ocupación del cauce en la vereda Aguabonita.



*Imagen 12. Parámetros morfométricos de la micorcuenca*



*Imagen 13. Geoogía de la zona de interés*

## **8.2.2 Análisis de la geología y geomorfología del terreno en la que se ubica el condominio**

### **Makadamia I**

Las residencias campestres del condominio Makadamia I, ubicadas en el municipio de Neira, específicamente en la vereda Palermo, han experimentado un proceso de remoción en masa que ha ocasionado daños significativos en las viviendas del condominio. Ante esta situación, los propietarios de las viviendas han recurrido a la Corporación Autónoma Regional de Caldas, con el fin de solicitar por parte de ello la elaboración de un informe técnico. El propósito de este informe es analizar a fondo la ocurrencia del evento y recibir recomendaciones por parte de los profesionales de la Corporación, con el objetivo de abordar adecuadamente los impactos generados y tomar medidas preventivas o correctivas necesarias.

En la creación de este informe, mi contribución se centró en la identificación e interpretación del comportamiento particular de las unidades geomorfológicas que definen el terreno en donde

ocurre el evento motivo de análisis, así como en la caracterización y análisis desde la estabilidad de las unidades geológicas presentes en la zona. Además, desempeñé un papel fundamental en la realización de un análisis multitemporal del sitio, examinando las condiciones a lo largo del tiempo. También participé activamente en el diseño de mapas temáticos detallados que sirvieron como herramienta de apoyo esencial para los funcionarios y contratistas encargados del análisis de estabilidad en el sector afectado. Mi enfoque se orientó hacia la generación de información geoespacial precisa y comprensible, proporcionando una base sólida para la evaluación integral de la situación.



*Imagen 14. Mapa de pendiente en porcentaje de la zona de interés en el cual se señala la zona en donde ocurre el proceso de inestabilidad con un círculo de color negro*



Imagen 15. Mapa de unidades geomorfológicas de la zona de estudio

Geomorfología	Provincia geomorfológica	Región geomorfológica	Subunidad Geomorfológica	Símbolo
Sistema Orogénico de los Andes	Vertiente Occidental de la cordillera central	Ambiente denudacional	Loma denudada	Dld
		Ambiente fluvial	Cauce fluvial	Fca
			Planicie Aluvial Confinada	Fpca
			Terrazas de acumulación	Fta
		Ambiente antropogénico	Zonas de corte y lleno para explanación	

Imagen 16. Unidades geomorfológicas encontradas en el condominio Makadamia I

### 8.3 Acompañamiento de campo

Durante los 5 meses de prácticas realizadas, se hace posible hacer parte de los recorridos que se mencionan a continuación:

#### 8.3.1 Visita 15/11/2023 Belalcázar-Sector La Marina

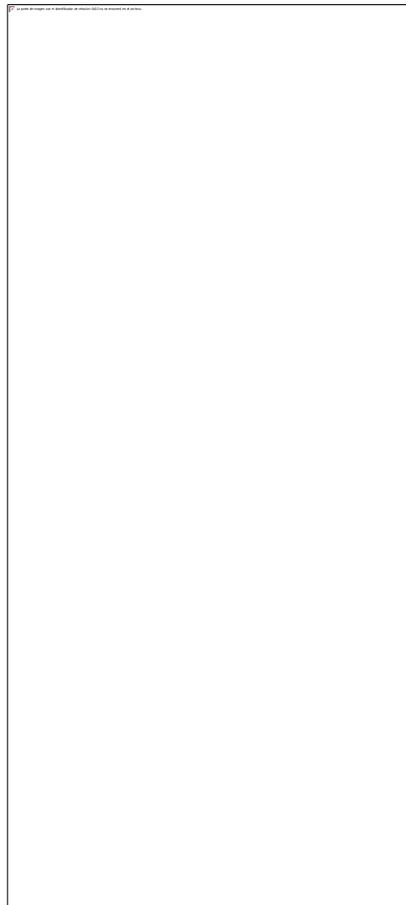
Atendiendo una solicitud por parte de la alcaldía municipal, se hizo un acompañamiento a la visita al Sector La Marina en el municipio de Belalcázar, en donde se realiza una inspección para la construcción de un muro de contención en una zona en la que se evidencia un proceso de inestabilidad de ladera y dar de esta manera recomendaciones respecto de acuerdo a lo observado en la visita, de la cual se planteó como recomendación principal la elaboración de un estudio geotécnico para conocer de manera más detallada el comportamiento geomecánica del suelo



*Imagen 17. Foto tomada en el sector en donde se aprecia los daños ocasionados por el proceso de inestabilidad en la vía del sector.*

### 8.3.2 Visita 15/11/2023. Anserma- Vereda Partidas

El 15 de noviembre del 2023 la comisión técnica de la subdirección de infraestructura ambiental de CORPOCALDAS realiza una visita en la vereda Partidas, en el municipio de Anserma, en talud inferior de la vía nacional que conecta a los municipios de Anserma y Riosucio, cuyas coordenadas de referencia son:  $5^{\circ}16'38.59''N$  y  $75^{\circ}47'13.05''O$ , en donde se presenta una reactivación de un proceso de inestabilidad del terreno. En la visita se hace un reconocimiento de las afectaciones en el terreno por la ocurrencia del evento, en donde en oficio realizado por los técnicos se establecen unas recomendaciones para mitigar el daño que pueda ocasionar la reactivación del evento.



*Imagen 18. Fotografía en la que se aprecia el proceso de inestabilidad motivo de la visita técnica*

### 8.3.3 Visita 24/11/2023 Condominio Makadamia

El día 24 de noviembre se realiza una visita al condominio “Makadamia”, Neira, vereda a Palermo, en la cual se ha presentado un proceso de remoción en masa, y debido a ello, han acudido a la Corporación para solicitar por parte de ellos un informe técnico respecto a la situación. Es por ello que el día en cuestión realicé acompañamiento a los profesionales encargados del proyecto para realizar una visita final con la finalidad de determinar las condiciones geológicas, geomorfológicas, entre otros factores relevante de la zona en donde ocurre el evento y de esta manera hacer entrega del informe técnico.

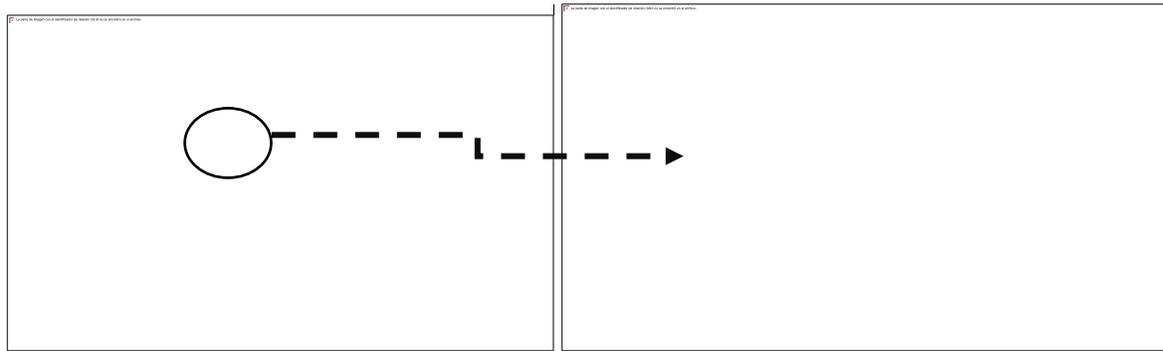


Imagen 19. Foto en donde se observa la zona de escarpe de proceso de remoción en masa ocurrido en el condominio Makadamia

#### **8.4 Realizar la Evaluación de daños y pérdidas generadas por eventos hidrológico, con base a la metodología establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

La aplicación de la metodología para la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales Post-desastre (EDANA-C) en el departamento de Caldas durante mis practicas universitarias, implicó inicialmente una cuidadosa priorización de los sitios a evaluar. Esto se lleva a cabo mediante reuniones estratégicas con la Subdirección de Infraestructura Ambiental y la Subdirección de Biodiversidad y Ecosistema, donde se toman decisiones informadas y se establecen criterios específicos para la evaluación. Tras un análisis detallado, se decide seleccionar los municipios de Supía, Anserma y Riosucio, afectados por avenidas torrenciales, así como el municipio de Marmato, impactado por movimientos en masa en el Cerro El Burro. Estas elecciones se basan en el grado de información para la línea base de los sectores y la necesidad de evaluar sus daños ambientales. En estas reuniones, además, se propone y establece el grupo interdisciplinario de Corpocaldas que estará a cargo de la ejecución precisa de la metodología EDANA-C en cada uno de los sitios priorizados; que junto con el apoyo de los profesionales La Dirección del Cambio Climático y Gestión de Riesgo, Grupo de Gestión del Riesgo del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible se ha estado ejecutando le metodología de EDANA-C en los sitios priorizados.



Imagen 20. Mapa de localización de los puntos a los cuales se les decide aplicar la metodología de EDANA-C

#### **8.4.1 Aplicación de la metodología de EDANA-C en la avenida torrencial ocurrida en el municipio de Supía, Caldas**

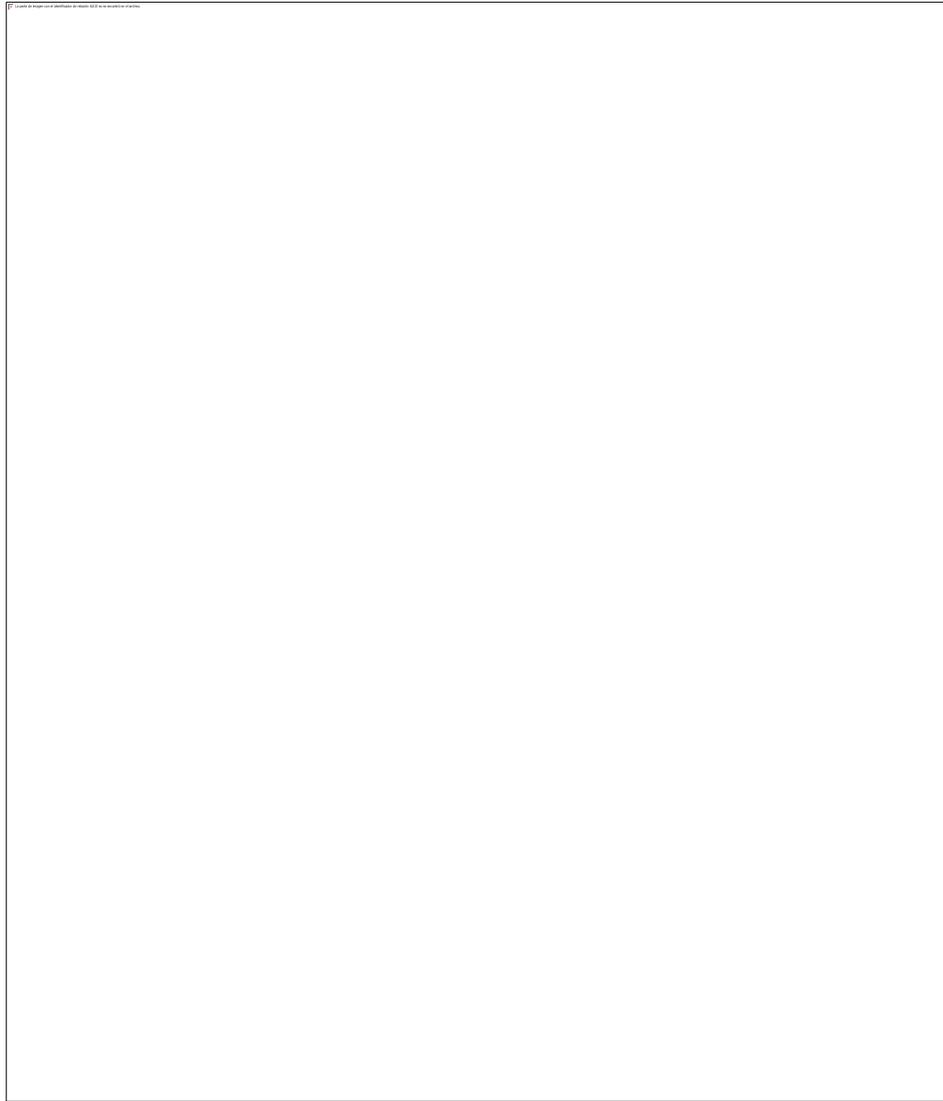
El informe inicial de la avenida torrencial se registra en julio de 2022, y el 26 de agosto del

mismo año, la comisión técnica de CORPOCALDAS realiza una visita a la Cañada Mediacaral, Quebrada San Polo y Quebrada La Amalia, afluentes de Quebradagrande, en la vereda La Amalia (microcuenca Quebradagrande). Durante el recorrido, se identifican depósitos de la avenida torrencial que afectaron los cauces mencionados, así como deslizamientos traslacionales en la parte alta de la microcuenca, generando represamientos en los afluentes. Posteriormente, con el rompimiento de estas obstrucciones, se desencadena el evento, aumentando el aporte de materiales sólidos a la quebrada Quebradagrande y al río Supía, junto con deslizamientos en las márgenes de los afluentes.

El 3 de septiembre de 2022, se observa una reactivación del evento ocurrido en agosto, con una magnitud significativamente mayor debido a la intensidad pluviométrica en un corto período. Este fenómeno provoca deslizamientos en la parte superior de la microcuenca Quebradagrande, aportando materiales sólidos a los afluentes y generando una avenida torrencial. Como consecuencia, se profundizan los cauces y hay una mayor socavación lateral. En la parte baja de la microcuenca, sedimentos de varios tamaños taponan la quebrada Quebradagrande, resultando en inundaciones y desbordamientos en la cabecera urbana del municipio de Supía.

Ante la magnitud del evento, se establece un convenio conjunto entre la Corporación Autónoma Regional de Caldas, la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo y Desastre (UNGRD), la Jefatura de Estudios y Desarrollo Estratégico del Resguardo (JEDEGER) y la Gobernación de Caldas.

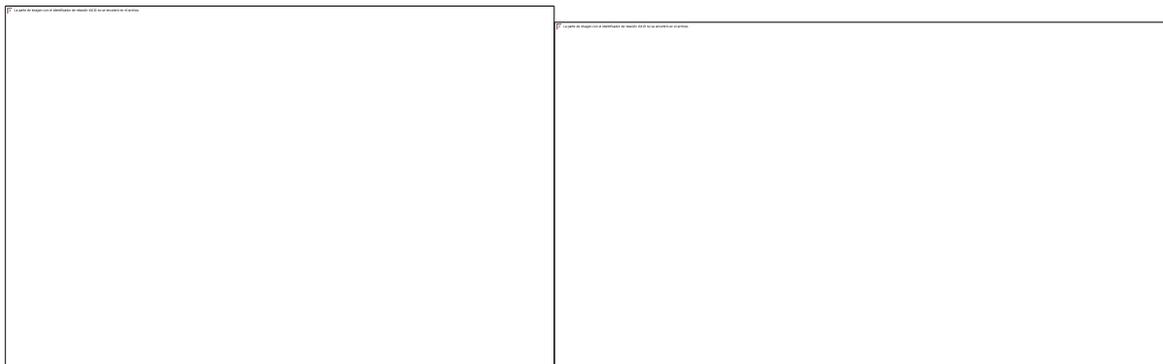
Este proyecto tiene como objetivo identificar los efectos causados por el evento en el casco urbano y proponer acciones para reducir el riesgo. En el marco de este convenio, se recopila información detallada sobre la afectación de la zona por la inundación y/o avenida torrencial en la cabecera municipal. Además, se establece un presupuesto relacionado con las obras y/o actividades necesarias para mitigar el riesgo en la zona, proporcionando una base sólida para el desarrollo de una metodología específica en este sitio prioritario.



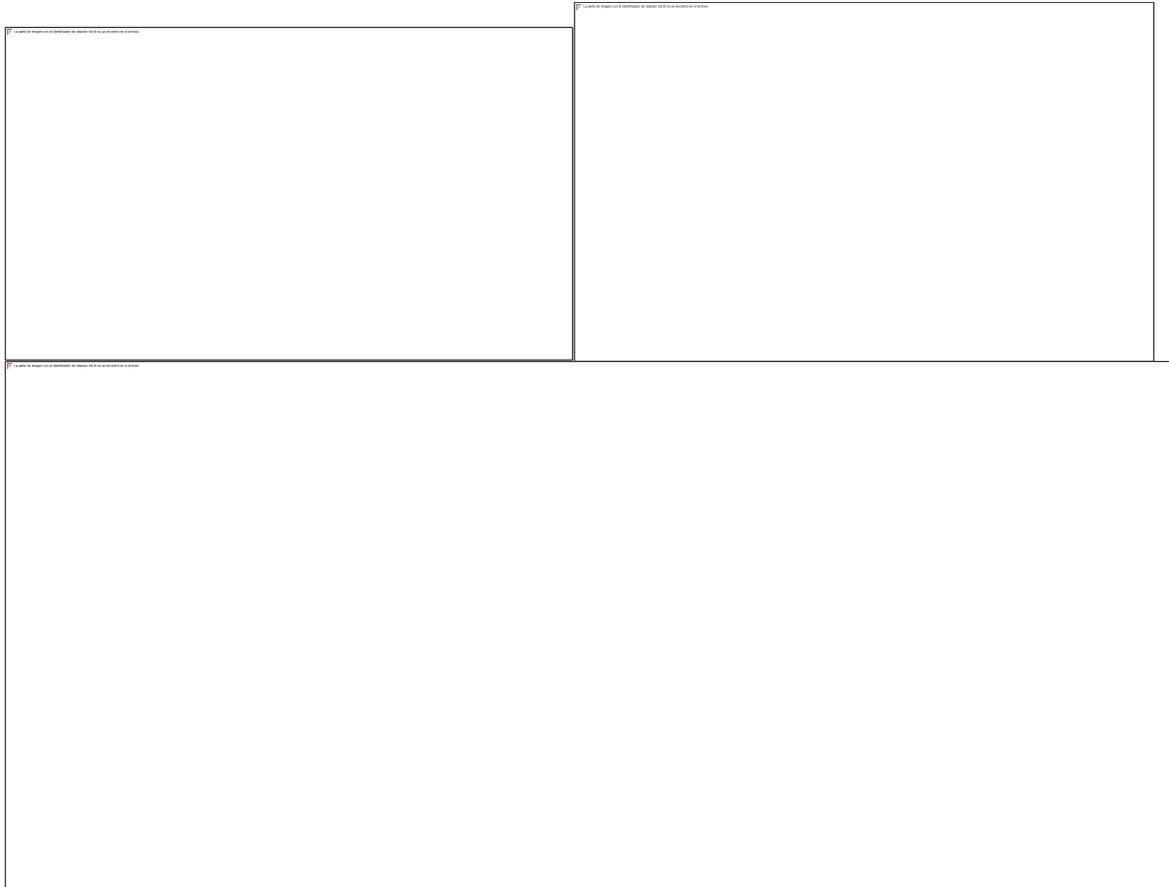
*Imagen 21. Imagen tomada con el dron por el alcalde municipal, donde se observa la parte alta y media de la microcuenca Quebradagrande, en la vereda Mediacaral y La Amalia, con grandes extensiones dedicadas a pastoreo y ausencia de franjas forestales protectoras adecuadas, lo que favorece al incremento de los caudales de agua encontrados a lo largo de las áreas e incremento de los cauces que circulan por los mismos, que consecuentemente genera procesos de inestabilidad como profundización y erosión lateral sobre los cauces, deslizamientos superficiales y avenidas torrenciales*



*Imagen 22. Vista desde el cauce de la quebrada El Chispero, afluente de la quebrada San Polo con obstrucción parcial por avenida torrencial y materiales procedentes de deslizamientos sobre las márgenes. Coordenadas geográficas aproximadas WGS 84: 5.501681° - 75.649732*

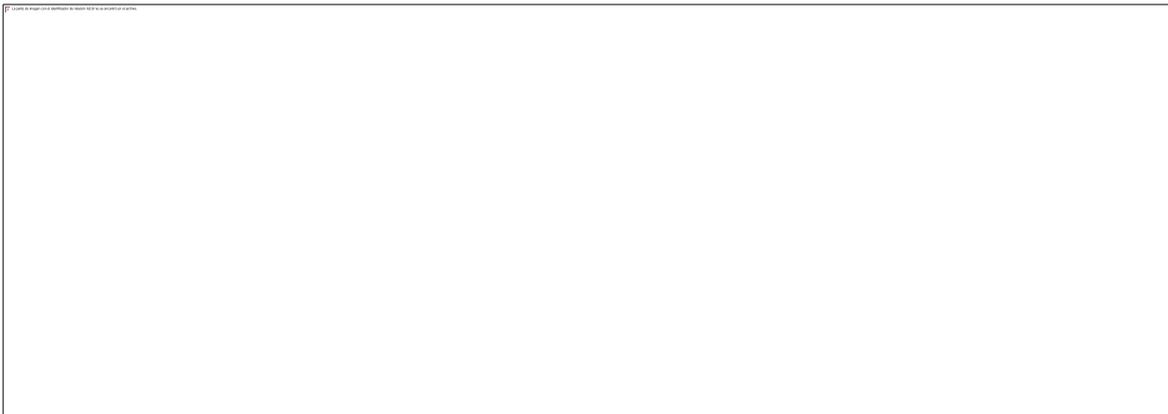
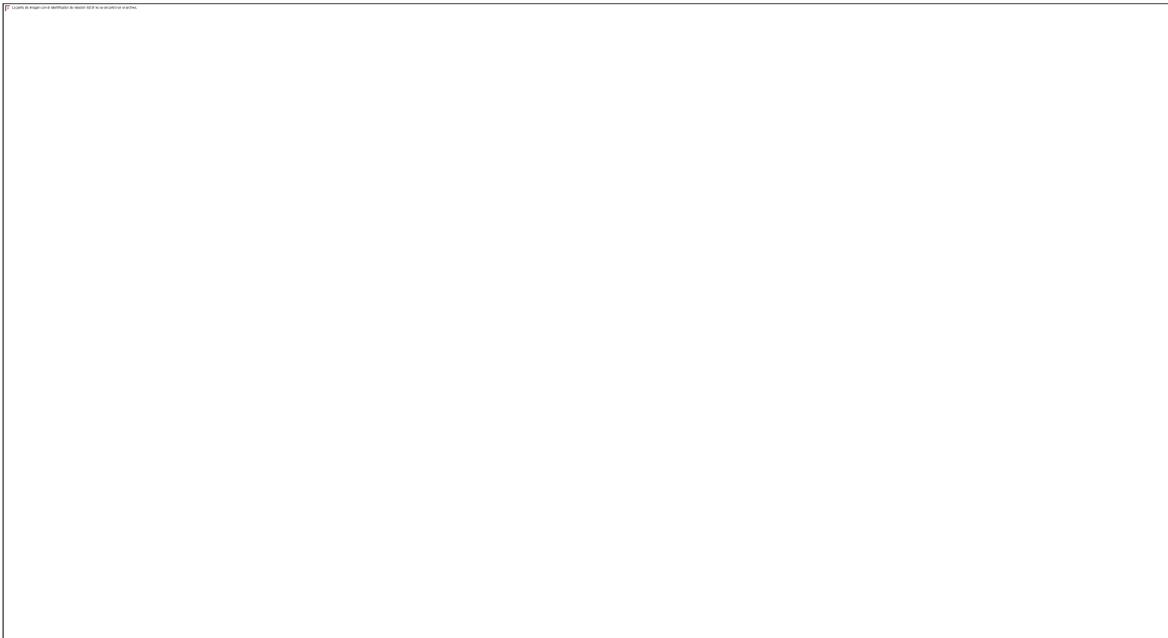
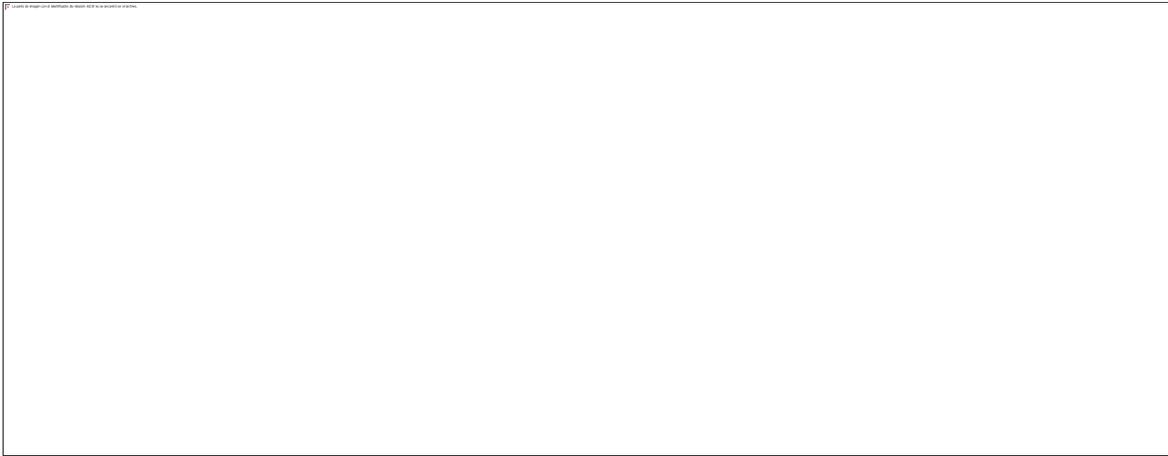


*Imagen 23. Registro fotográfico donde se observa el colapso del puente en la vereda La Quinta.*



*Imagen 24. Imágenes de puntos en donde se evidencia la afectación de la zona por la ocurrencia de la avenida torrencial. En la imagen “A” se observa una obstrucción parcial de la quebrada San Pol. La imagen “B” muestra un deslizamiento traslacional sobre la margen derecha de la quebrada Mediacaral, vereda La Amalia. La imagen “C” muestra uno de los depósitos de la avenida torrencial cerca al casco urbano del municipio de Supía*

Durante la evaluación de la afectación ambiental se identifica el polígono de la zona por la avenida torrencial por medio de imágenes dron tomadas luego de ocurrido el evento, luego de ello se identifican áreas de importancia ambiental afectadas, que corresponden a ABACOS Y fajas forestales protectoras de cauce; los tipos de cobertura vegetal, los cuales son principalmente mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, especies de flora y fauna nativa, drenajes permanentes de la cuenca alta y pérdida de suelo clase IV, VII y VII.



*Imagen 25. Ficha propuesta por la metodología de EDANA-C en donde aparecen las variables afectadas por la ocurrencia de la avenida torrencial ocurrida en la microcuenca de Quebradagrande, Supía; así como los servicios de regulación ecosistémicos afectados y las necesidades ambientales de estos.*



Después de haber identificado el grado de afectación de cada variable, los servicios ecosistémicos afectados y las necesidades ambientales específicas de la zona, se inicia el proceso de categorización del daño ambiental ocasionado por la ocurrencia de la avenida torrencial en la microcuenca de la quebrada Quebradagrande, ubicada en el municipio de Supía. Este paso crucial en la metodología implica clasificar y evaluar la magnitud de los impactos ambientales, permitiendo una comprensión más detallada de la extensión y gravedad de los daños sufridos por el ecosistema afectado.



*Imagen 26. Cartografía de las variables afectadas por la avenida torrencial*

El procedimiento para calcular el valor del daño ambiental es multiplicar la calificación asignada

a cada variable por el ponderado de cada una de las mismas; de la cual, la fórmula para la misma es la siguiente:

$$D = (Sue * 20) + (Cob * 15) + (AIA * 25) + (RH * 20) + (Flo * 7) + (Fau * 13)$$

Donde:

Sue: Resultado de la variable Suelo

Cob: Resultado de la variable de cobertura vegetal

AIA: Resultado de la variable de cobertura vegetal

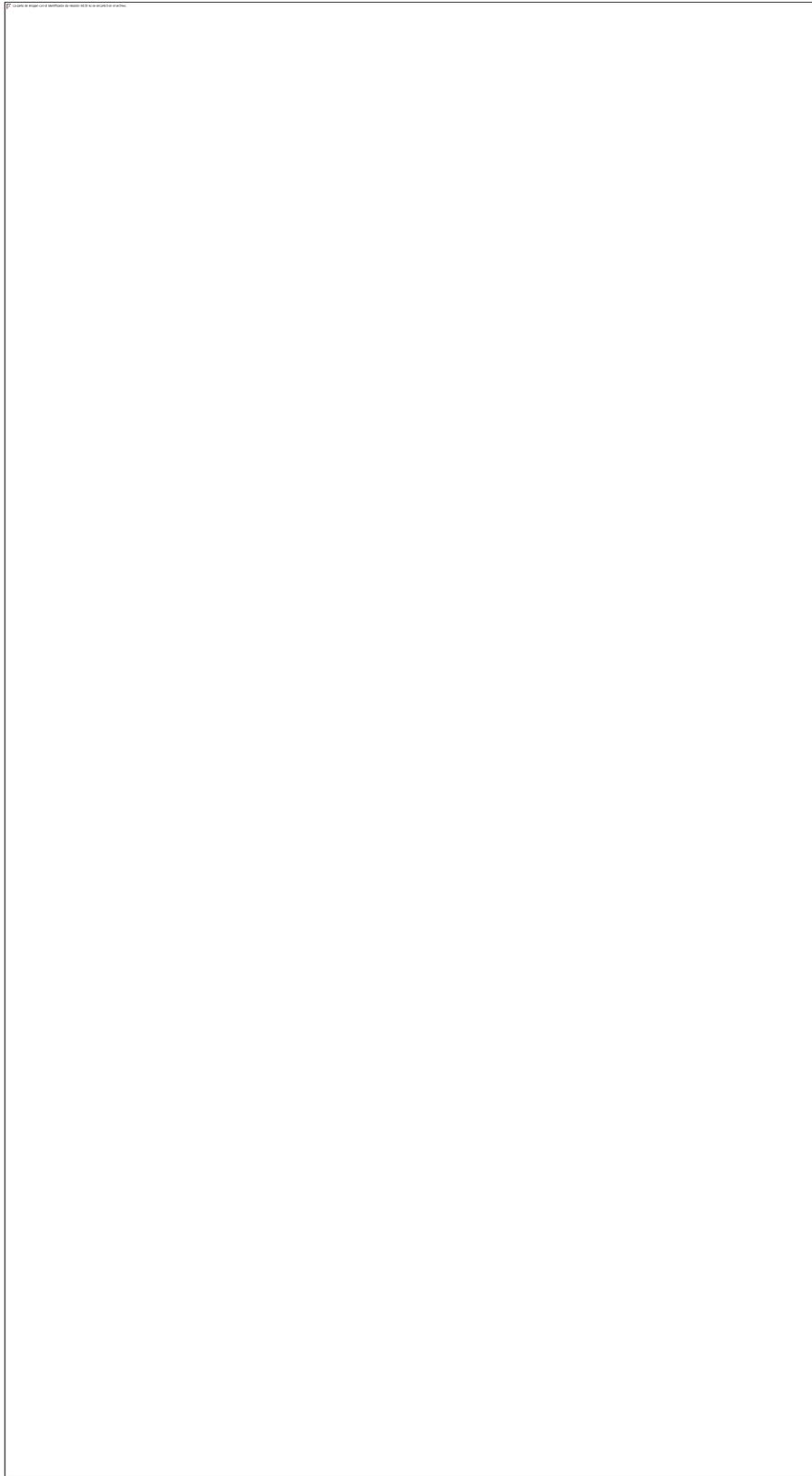
RH: Resultado de la variable de recursos hídricos

Flo: Resultado de la variable de flora

Fau: Resultado de la variable de fauna

Área (Ha)	Categorización del daño ambiental
7,033	Alto
58,490	Medio
35,393	Bajo
100,88	TOTAL

Tabla 3 Categorización del daño ambiental en la que se identifican las áreas en hectáreas de cada grado de daño

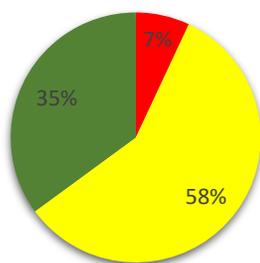


*Imagen 27. Mapa de daño ambiental del área en donde ocurre la avenida torrencial*

Posteriormente, se avanza en la generación de propuestas para la estimación económica del daño

ambiental, la cual se establece a partir de los parámetros establecidos en la ficha propuesta por la metodología.

Estimación económica ambiental del daño				
Categorías	Hectareas	Actividades orientadas a la recuperación		
Alta	7,033	Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 39.120.387,33
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 90.599,11
		Construcción de trinchos (metros)	Valor Actividad \$	\$ 3.501.238,39
		Costo Estimado Remoción de Escombros	Valor Actividad \$	\$ 6.681.350,00
		Construcción de cunetas o zanjas	Valor Actividad \$	\$ 3.501.238,39
<i>SUBTOTAL ALTA</i>				\$ 49.393.574,8
Media	58,490	Construcción de trinchos (metros)	Valor Actividad \$	\$ 17.470.846,0
		Construcción de cunetas o zanjas	Valor Actividad \$	\$ 17.470.846,0
		Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 195.207.006,0
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 753.468,2
		Costo Estimado Remoción de Escombros	Valor Actividad \$	\$ 33.339.300,0
<i>SUBTOTAL MEDIA</i>				\$ 230.902.166,2
Baja	35,393	Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 59.061.049,4
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 455.932,7
		Costo Estimado Remoción de Escombros	Valor Actividad \$	\$ 10.087.005,0
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL BAJA</i>				\$ 69.603.987,1



- Alta
- Media
- Baja

<b>Valoración Global Actividades \$</b>
<b>Valoración Económica Ambiental Total Actividades \$</b>
<b>\$349.899.728</b>

Tabla 4 Estimación económica ambiental del daño ocasionado por la avenida torrencial en la microcuenca Quebradagrande, Supía

Después de completar la Valoración Económica Ambiental y constatar las limitaciones de las actividades propuestas para su estimación, el equipo interdisciplinario a cargo de la ejecución de

la metodología, en colaboración con los profesionales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tomó la decisión de proponer un presupuesto destinado a cubrir las necesidades ambientales de la zona afectada por la avenida torrencial.

La elaboración de este presupuesto contó con la participación de un equipo interdisciplinario compuesto por profesionales de las subdirecciones de "Infraestructura Ambiental" y "Biodiversidad y Ecosistema".

Es importante destacar que los valores presupuestales estimados para el año 2023 fueron ajustados con un incremento del 11%, en línea con las proyecciones y necesidades planteadas por la Corporación Autónoma Regional de Caldas. Este enfoque busca asegurar que los recursos asignados sean suficientes y reflejen las condiciones y costos reales asociados a las actividades propuestas para la recuperación ambiental en la zona afectada por la avenida torrencial.

Actividades	Unidad de medida	Cantidades	Costo
<b>Excavaciones</b>	M3	883	\$ 50.216.568,00
<b>Otras excavaciones</b>	M3	235	\$ 16.115.105,00
<b>Llenos</b>	M3	10899	\$ 362.017.610,00
<b>Muro de contención en concreto ciclópedo</b>	M3	1350	\$ 1.139.865.494,00
<b>Muro de concreto reforzado</b>	M3	58	\$ 56.445.938 m3
<b>Sello para juntas de construcción</b>	ML	55,5	\$ 325.952,00

<b>Construcción de box culvert en cajón</b>	M3	60,8	\$ 5.886.843,00
<b>Enrocados con ligante de concreto para protección de diques y cauces</b>	M3	751,9	\$ 420.272.370,00
<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO</b>	KG	13246,5	\$ 100.440.394,00
<b>Muro de contención con malla de gavión tipo INVIAS</b>	M3	720,1	\$ 307.464.748,00
<b>Sobre acarreo en Buggi y al hombro fuerte pendiente</b>	M3/Hm	3627,5	\$ 387.016.533,00
<b>TOTAL</b>		<b>31887,3</b>	<b>\$ 2.789.621.617,00</b>
<b>obras de bioingeniería</b>			
<b>Trinchos con alambre de doble horcón</b>	M2	13034	\$ 935.122.375

<b>FILTROS EN GUADUA</b>	M3	192	\$ 28.611.147
<b>Barreras vivas con limoncillo</b>	ML	6500	\$ 225.576.975
<b>Barreras vivas con estacas</b>	Unidad	6517	\$ 33.181.762
<b>TOTAL</b>		<b>26243</b>	<b>\$ 1.222.492.259</b>
<b>COSTOS DIRECTOS DE OBRAS</b>			\$ 4.012.113.876
<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
<b>ADMINISTRACION</b>		23%	\$ 922.786.191,00
<b>UTILIDAD</b>		7%	\$ 280.847.971,00
<b>IVA (Sobre la utilidad)</b>		19%	\$ 53.361.114,00
<b>Interventoría</b>		7%	\$ 280.847.971,00
<b>COSTO TOTAL OBRA CIVIL</b>			<b>\$ 5.549.957.123,00</b>
<b>ACCIONES DE PROTECCIÓN, RESTAURACIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL</b>			<b>\$ 981.403.811,00</b>
<b>COSTO TOTAL PROYECTO</b>			<b>\$ 6.531.360.934,00</b>

Imagen 28. Propuesta de presupuesto para las necesidades ambientales propuesto por Corpocaldas

Esta propuesta aún está siendo minuciosamente discutida y consensuada con los profesionales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, quienes muestran interés en presentar este proyecto como piloto. La intención es explicar la metodología a otras Autoridades Ambientales, con la perspectiva de convertirlo en un proyecto a futuro y gestionar recursos para su ejecución.

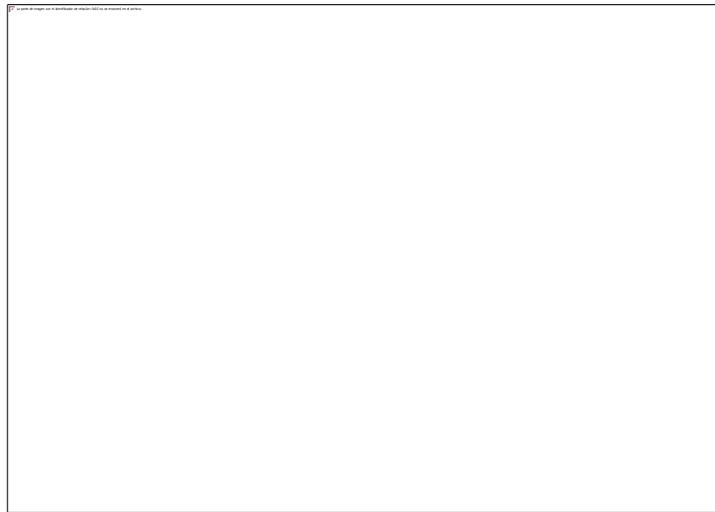


#### **8.4.2 Aplicación de la metodología de EDANA-C en la avenida torrencial ocurrida en el resguardo indígena San Lorenzo, municipio de Riosucio, Caldas**

Este resguardo está ubicado al occidente del municipio de Riosucio, en la parte alta de la cuenca aferente directo al cauca oeste, en la microcuenca del río Aguasclaras. El 3 de agosto del 2021 ocurre una avenida torrencial en la quebrada Bermejál, detonada por la emergencia hiberna durante el fenómeno de la Niña, contribuida por la ocurrencia de deslizamientos superficiales que ocurrieron en la parte alta de la microcuenca, los cuales funcionan como zona de aporte de

materiales a la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Bermejál. Por el aumento del caudal sobre el cause con los volúmenes de sólidos de materiales ha causado cambios en la dinámica de la corriente, con cambios en la dirección de flujo, que han generado profundización y erosión lateral del caudal, pérdida en la infraestructura, pérdida de la cobertura vegetal, cambios abruptos en el paisaje por los depósitos generados por avenida torrencial, entre otros.

Dada la diversidad ecológica encontrada en el resguardo indígena San Lorenzo, se tiene en cuenta este sitio para la Evaluación de Daño y Análisis de Necesidades Ambientales pos-desastre EDANA-C, con el fin de identificar y cuantificar el daño ambiental ocasionado por el evento en cuestión.

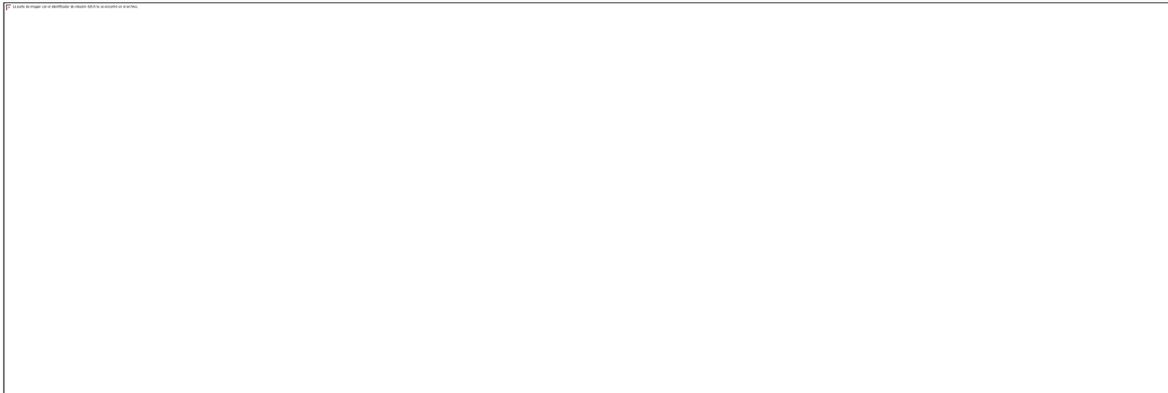


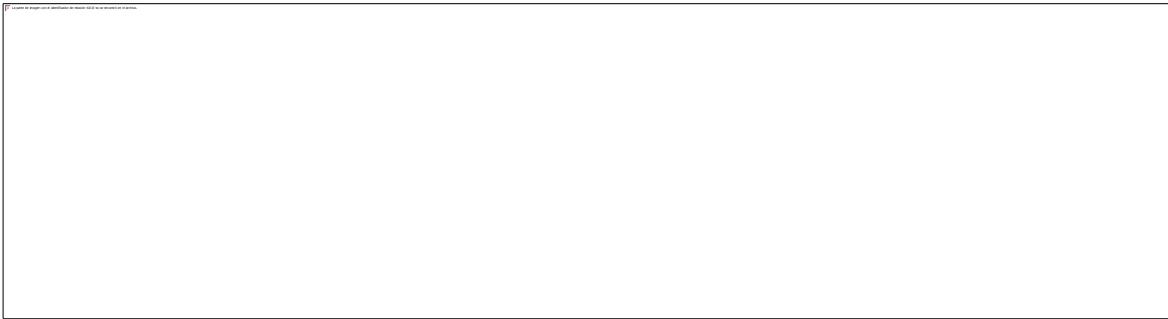
*Imagen 29. Movimiento en masa superficial localizado en la parte alta de la avenida torrencial identificada como la zona de aporte de los materiales que van a generar la avenida torrencial al entrar en contacto con el afluente de la quebrada Bermejál*



*Imagen 30. Afectaciones en las viviendas por depósitos generados por la avenida torrencial en el caserío Bermejál, margen izquierda de la quebrada Arenales.*

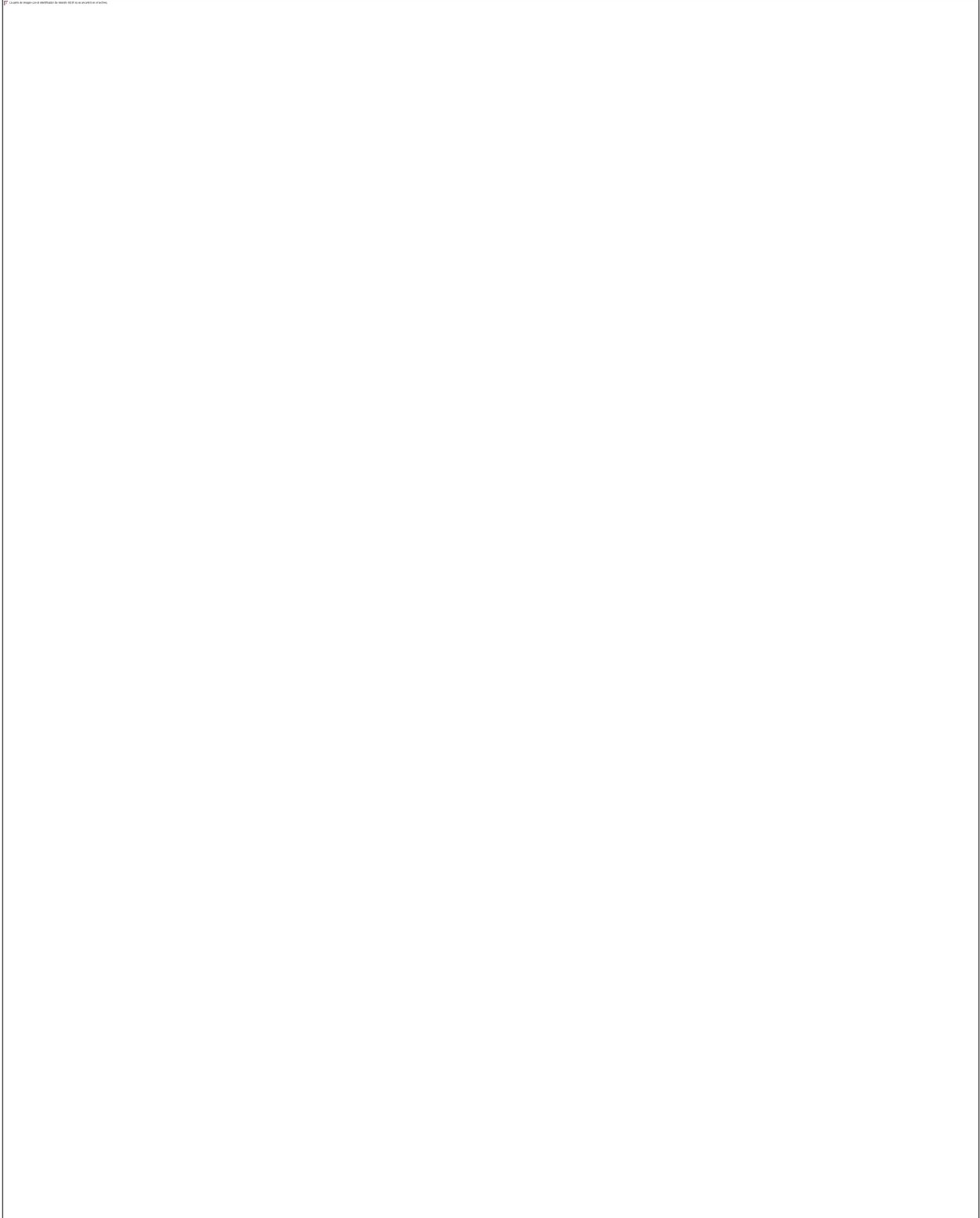
En el transcurso de la implementación de la metodología EDANA-C, se logra identificar que las áreas de importancia ambiental afectadas se centran principalmente en las fajas forestales protectoras de los cauces, para las coberturas de tierra, se observa afectación en los bosques de galería y bosques densos, que son vitales para la conservación de especies de flora y fauna endémicas y nativas que habitan en el área. Asimismo, se observa afectación en los drenajes sencillos de la cuenca alta y en suelos clasificados como calase IV y VII.





*Imagen 31. Ficha propuesta por la metodología de EDANA-C en donde aparecen las variables afectadas por la ocurrencia de la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Bermejál; así como los servicios de regulación ecosistémico afectados y las necesidades ambientales de estos*

Después de identificar el grado de afectación de cada variable, los servicios ecosistémicos impactados y las necesidades ambientales específicas en la zona, se procede al inicio del proceso de categorización del daño ambiental causado por la avenida torrencial en la quebrada Bermejál, ubicada en el municipio de Riosucio. Este paso crítico en la metodología implica clasificar y evaluar la magnitud de los impactos ambientales, proporcionando una comprensión más detallada de la extensión y gravedad de los daños sufridos por el ecosistema afectado.



*Imagen 32. Catografía de las variables afectadas en la quebrada Bermejales*

En cuanto al procedimiento para calcular el valor del daño ambiental, se emplea la multiplicación

de la calificación asignada a cada variable por su ponderado correspondiente. La fórmula para este cálculo se expresa de la siguiente manera:

$$D = (Sue * 10) + (Cob * 20) + (AIA * 30) + (RH * 10) + (Flo * 15) + (Fau * 15)$$

Donde:

Sue: Resultado de la variable Suelo

Cob: Resultado de la variable de cobertura vegetal

AIA: Resultado de la variable de cobertura vegetal

RH: Resultado de la variable de recursos hídricos

Flo: Resultado de la variable de flora

Fau: Resultado de la variable de fauna

Área (%)	Área (Ha)	Categorización del daño ambiental
27	2,231302	<b>Alto</b>
50	4,096615	<b>Medio</b>
23	2,034476	<b>Bajo</b>
100,0	8,362393	<b>TOTAL</b>

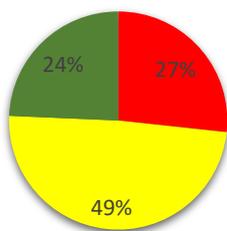
Tabla 5 Categorización del daño ambiental en la que se identifican las áreas en hectáreas de cada grado de daño



*Imagen 33. Mapa de la categorización del daño ambiental ocasionada por la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Bermejál*

Una vez establecida la categorización del daño ambiental, se procede a realizar la valoración económica del daño ambiental y de las necesidades ambiental. En este punto, al igual que en la evaluación realizada en el municipio de Supía, se establece la estimación económica ambiental del daño a partir de los parámetros de la ficha propuesta por la metodología.

Categorías	Hectareas	Actividades orientadas a la recuperación		
Alta	2,230	Construcción de trinchos (metros)	Valor Actividad \$	\$ 1.110.160,90
		Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 12.404.160,92
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 347.185,63
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL ALTA</i>				<i>#N/D</i>
Media	4,090	Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 13.650.139,4
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 636.766,5
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL MEDIA</i>				<i>#N/D</i>
Baja	2,030	Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 3.387.504,0
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 316.047,9
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL MEDIA</i>				<i>#N/D</i>



- Alta
- Media
- Baja

<b>Valoración Global Actividades \$</b>
<b>Valoración Económica Ambiental Total Actividades \$</b>
<b>\$31.851.965</b>

Imagen 34. Estimación económica ambiental del daño ocasionado por la avenida torrencial en la quebrada Bermejál, Riosucio.

Al igual que en la aplicación del EDANA-C para el municipio de Supía, el equipo multidisciplinario encargado de esta evaluación ha tomado la decisión de incorporar un



presupuesto específico, considerando los precios unitarios previstos para el año 2024. Este presupuesto se enfoca de manera prioritaria en la restauración de las necesidades ambientales identificadas en la zona afectada por la avenida torrencial. La inclusión de estos costos proporciona una perspectiva más precisa y actualizada de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo las actividades de recuperación ambiental en concordancia con las proyecciones económicas y las necesidades específicas de la región.

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	Valor total antes del impuesto	ADMINISTRACIÓN E IMPUESTO	IMPREVISTOS	UTILIDAD	VALOR IVA	VALOR TOTAL
Implementar acciones para la recuperación de la zona afectada por la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Bermejál, resguardo indígena San Lorenzo, municipio de Riosucio	Aislar con cercos mixtos las áreas en proceso de restauración y	# de km de cercos establecidos	\$ 0,06	\$ 16.919.556,00	\$ 954.263,00	\$ 162.225,00	\$ 9.543,00	\$ 66.798,00	\$ 12.692,00	\$ 18.125.077,00
	Implementar bebederos sustitutos	# de km de zonas de aislamiento establecidos	\$ 5,64	\$ 879.268,00	\$ 4.959.072,00	\$ 843.042,00	\$ 49.591,00	\$ 347.135,00	\$ 65.956,00	\$ 7.144.070,00

	Realizar acciones de restauración y enriquecimientos con la siembra de Arboloco, Botón de oro, balso, dragos, Camargo, Guamo y especies nativas para la recuperación de las zonas aledañas a cultivos y para agregar estabilidad a los sectores de la parte alta donde se registran los procesos de inestabilidad	# Ha de restauración	\$ 2,41	\$ 8.051.279,00	\$ 19.403.582,00	\$ 3.298.609,00	\$ 194.036,00	\$ 1.358.251,00	\$ 258.068,00	\$ 32.563.827,00
	Realizar mantenimiento a las áreas don acciones de restauración bajo el enfoque de recuperación y/o rehabilitación en las áreas afectadas por la avenida torrencial en la quebrada Bermejál, municipio de Riosucio	# Ha mantenidas	\$ 8,36	\$ 2.920.013,00	\$ 24.418.296,00	\$ 4.151.110,00	\$ 244.183,00	\$ 1.709.281,00	\$ 324.763,00	\$ 33.767.654,00
<b>Subtotal</b>										
<b>Componente O3</b>					<b>49.735.213,00</b>					



Administración	17%	8.454.986,00
Imprevistos	1%	497.353,00
Utilidades	7%	3.481.465,00
IVA sobre la Utilidad	19%	661.479,00
<b>Subtotal AIU Componente O2</b>		<b>13.095.283,00</b>
<b>TOTAL, Componente O2+ AIU</b>		<b>62.830.496,00</b>

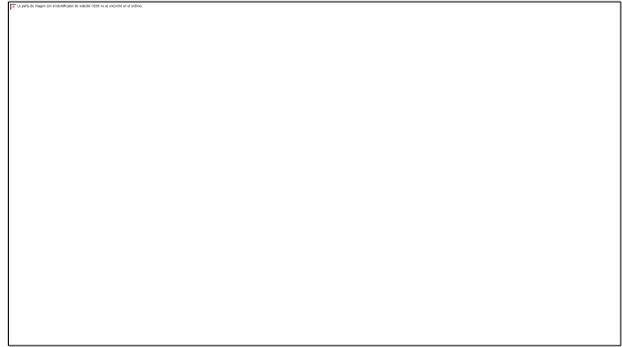
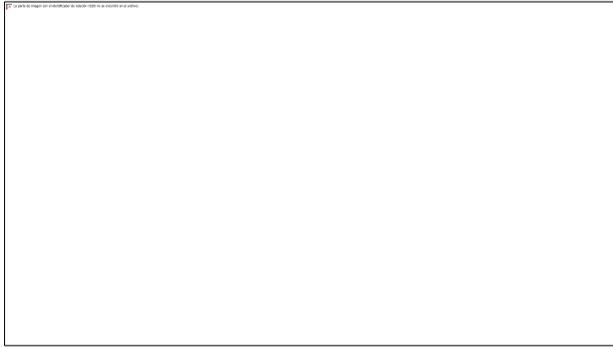
**Total componente  
Biodiversidad \$ 62.830.496,00**

### **8.4.3 Aplicación de la metodología de EDANA-C en la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Cuyá, municipio de Anserma, Caldas**

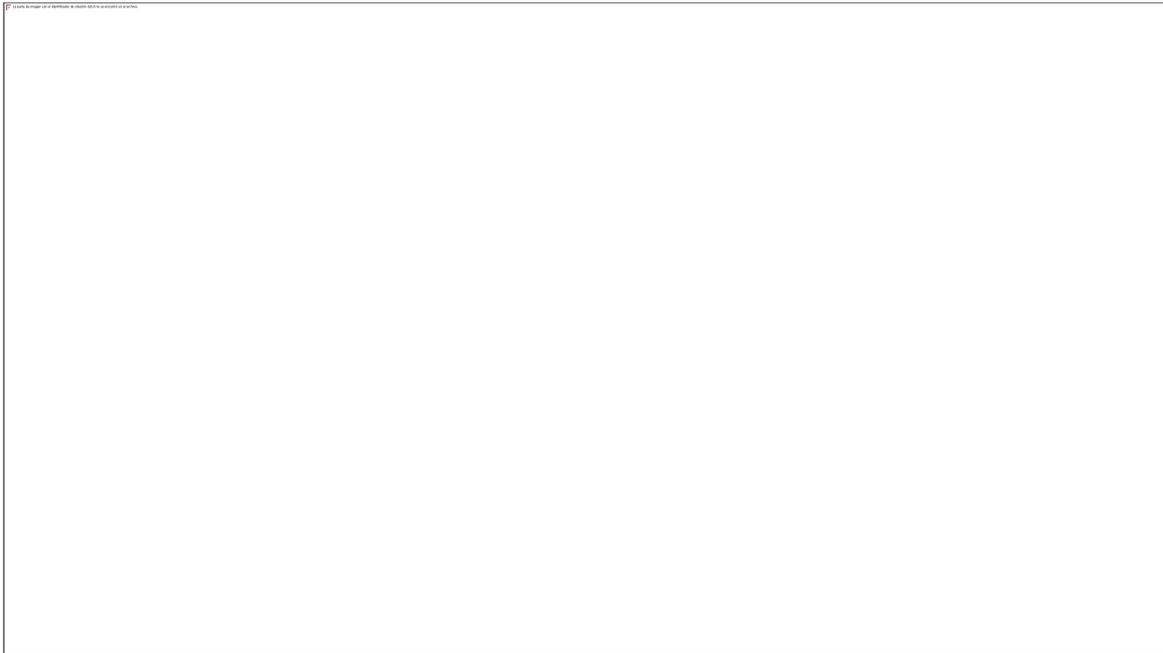
La quebrada Cuyá se sitúa al oriente del casco urbano del municipio de Anserma, con un flujo en dirección de oriente a occidente. Nace a una altitud de 1850 m.s.n.m. y desemboca en uno de los afluentes del río Risaralda a 1550 m.s.n.m., junto a la vía que actualmente conecta el occidente del país con Medellín, con coordenadas de referencia  $5.237447^\circ$  y  $-75.756825^\circ$ . El 9 de abril de 2021, se registraron deslizamientos traslacionales en la parte alta de la microcuenca, afectando el curso de agua.

En la zona, existen antecedentes de deslizamientos en la parte alta de la microcuenca de la quebrada Cuyá, específicamente en el área donde se presentaron los deslizamientos que impactaron el cuerpo de agua. Como consecuencia de este evento, la troncal del occidente sufrió los efectos de la emergencia desde la noche del 9 de abril hasta el mediodía del 10 de abril de 2021. Además, se generaron depósitos de lodo en predios y algunas viviendas de la vereda Tabla Roja, ubicados en las zonas de valle aluvial en el lecho de la quebrada.

De acuerdo con informes previos de la Corporación Autónoma Regional de Caldas, estos eventos están vinculados a las intensas lluvias registradas en la noche anterior, que superaron los 117 mm en cerca de dos horas. A este factor se suman las pronunciadas pendientes de los taludes superiores, la saturación del suelo y la subsiguiente pérdida de cohesión, haciendo que sea altamente susceptible a la erosión.



*Imagen 35. La imagen a la derecha muestra depósitos de la última avenida torrencial generada en el mes de abril del 2021, que favorecieron al desbordamiento de la quebrada y la imagen a la izquierda, muestra un proceso de erosión lateral sobre la margen derecha del cauce. Coordenadas 5,228396 y -75,776825*



*Imagen 36. Deslizamiento traslacional de grandes dimensiones que ha generado obstrucción de la quebrada Juan Pérez. Coordenadas N5.228537° y W-75.757563*



*Imagen 37. Sobrevuelo con dron efectuado por David Ricardo Franco. Se observan dos cicatrices de deslizamientos en la parte superior de la ladera y un flujo de lodo ocurrido desde la primera corona hasta la vía*

Durante la implementación de la metodología de EDANA-C en la zona afectada por la avenida torrencial, se observa que las variables críticas para la evaluación del daño ambiental son las fajas forestales protectoras de cauce, ABACOS, los cultivos de café, las especies de flora y fauna nativa, las afectaciones en las quebradas Cauyá, Tabla Roja y La Plancha, así como la pérdida de los suelos de clase VI y VII. Estas variables, clave para comprender el impacto ambiental, se destacan como elementos fundamentales en la categorización y valoración del daño ambiental causado por la avenida torrencial en la microcuenca.

Procedimiento de reporte de Evaluación de Daños y Análisis Necesidades Ambientales pos desastre Continental EDANA C							
Proceso: Gestión del Riesgo							
Versión: 5	Vigencia: /2022		Avenida torrencial				
Descripción General del evento							
Nombre del responsable de datos	Subdirecciones de Infraestructura ambiental y Biodiversidad y Ecosistema		Fecha de inspección	10	4	2021	
Entidad	Corpocaldas		Fecha de Evento	DD	4	2021	
Tipo de Evento	Avenida Torrencial		Nivel (UNGRD)	I	II	III	IV
Departamento	Caldas		Municipio	Anserma			
Veredas	Microcuenca de la quebrada Cauyá		Coordenadas	lat:	5,24	long:	-75,756825
Factor detonante del evento	Fenómeno de la Niña						
Estado del evento	Inactivo						
Zona de importancia Ambiental	ABACOS y Fajas Forestales Protectoras de Cauce						

Variable	Linea Base	Diagnostico	Valor	Servicio Ecosistémico	Necesidades Ambientales
Área de importancia Ambiental	Protección	Protección	3	Control de la erosión	Rehabilitación ecológica
				Regulación hídrica	Rehabilitación ecológica
	Protección	Conservación	3	Regulación hídrica	Rehabilitación ecológica
Tipo de Cobertura de la tierra	Cultivos permanentes arbustivos	Cultivos permanentes arbustivos	1	Fertilidad del suelo	Restauración ecológica pasiva
Fauna	Especies Nativa	Especies Nativa	1	Hábitat para especies	Rehabilitación ecológica
Flora	Especies Nativa	Especies Nativa	1	Hábitat para especies	Rehabilitación ecológica
Recurso Hidrico	Cuenca Media -Drenaje Sencillo Permanente	Cuenca Media -Drenaje Sencillo Permanente	2	Regulación hídrica	Rehabilitación ecológica
Suelos	Clase VI	Clase VI	3	Hábitat para especies	Restauración ecológica pasiva
	Clase VI	Clase VII	3	Hábitat para especies	Restauración ecológica pasiva

Imagen 38. Ficha propuesta por la metodología de EDANA-C en donde aparecen las variables afectadas por la ocurrencia de la avenida torrencial ocurrida en la quebrada Cauyá,, Anserma; así como los servicios de regulación ecosistémico afectados y las necesidades ambientales de estos .

Después de asignar una calificación y categorización al grado de afectación de cada

subvariable impactada por la avenida torrencial, el siguiente paso consiste en evaluar y clasificar el daño ambiental en la zona tras la ocurrencia de este fenómeno. Este proceso se lleva a cabo mediante el uso de un álgebra de mapas en un software de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando datos cartográficos específicos de cada variable. Este enfoque permite obtener una representación visual detallada de la distribución espacial del daño ambiental, facilitando una comprensión más precisa de la extensión y la intensidad de los impactos en la microcuenca afectada por la avenida torrencial.



*Imagen 39. Cartografía de las variables afectadas por la avenida torrencial*

El procedimiento para calcular el valor del daño ambiental es multiplicar la calificación asignada a cada variable por el ponderado de cada una de las mismas; de la cual, la fórmula

para la misma es la siguiente:

$$D = (\text{Sue} * 20) + (\text{Cob} * 15) + (\text{AIA} * 25) + (\text{RH} * 20) + (\text{Flo} * 10) + (\text{Fau} * 10)$$

Donde:

Sue: Resultado de la variable Suelo

Cob: Resultado de la variable de cobertura vegetal

AIA: Resultado de la variable de cobertura vegetal

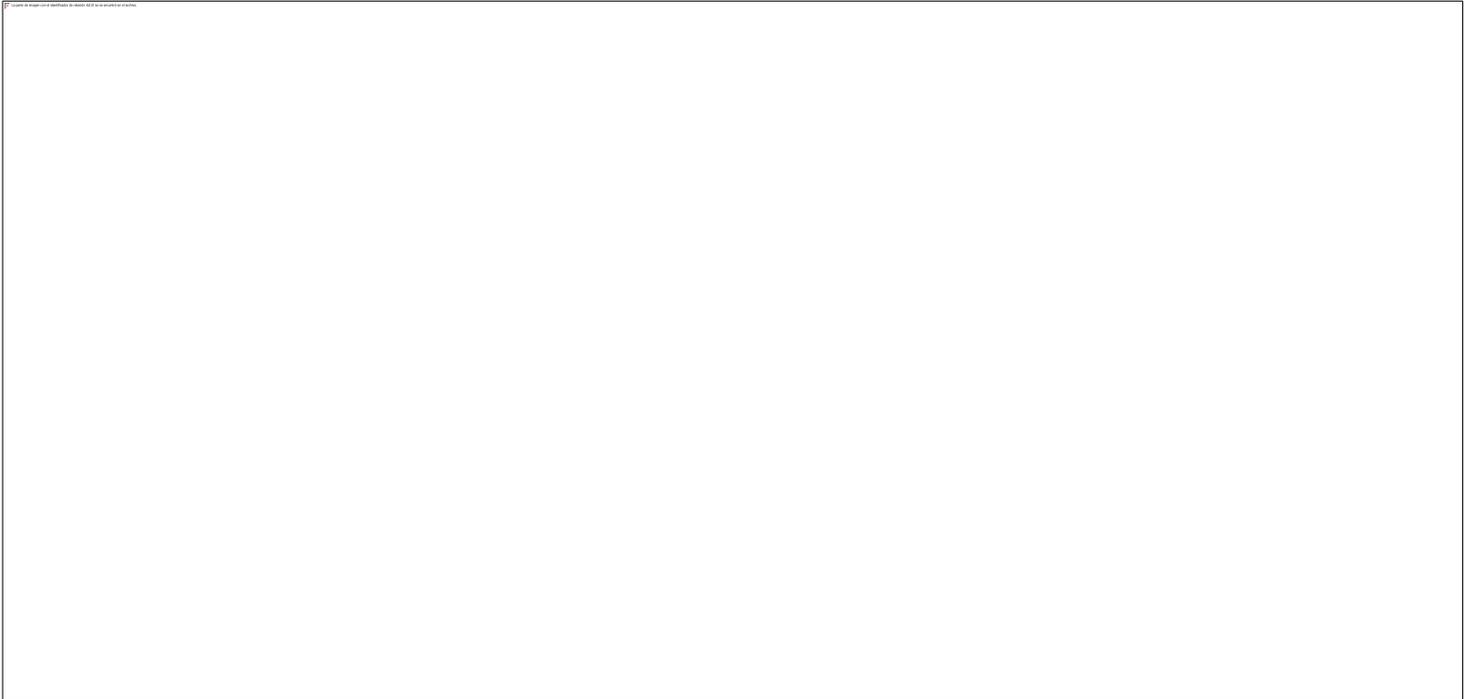
RH: Resultado de la variable de recursos hídricos

Flo: Resultado de la variable de flora

Fau: Resultado de la variable de fauna

Área (Ha)	Categorización del daño ambiental
16,061607	Alto
2,132195	Medio
0,492451	Bajo
18,686253	TOTAL

Tabla 6 Categorización del daño ambiental en la que se identifican las áreas en hectáreas de cada grado de daño

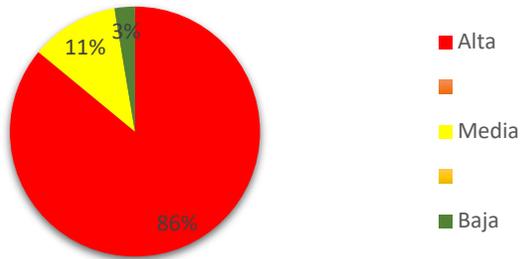


*Imagen 40. Mapa de daño ambiental del área en donde ocurre la avenida torrencial*

Después de completar la categorización del daño ambiental, se ha procedido a llevar a cabo la valoración económica ambiental del daño, considerando los requisitos específicos para las zonas de daño bajo y alto según la ficha propuesta por la metodología de EDANA-C.

*Tabla 7 Valoración Económica Ambiental del daño*

Estimación económica ambiental del daño				
Categorías	Hectáreas	Actividades orientadas a la recuperación		
Alta	16,060	Construcción de cunetas o zanjas	Valor Actividad \$	\$ 7.995.149,80
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 1.117.665,95
		Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 89.332.208,24
		Costo Estimado Remoción de Escombros	Valor Actividad \$	\$ 15.257.000,00
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL ALTA</i>				\$ 113.702.024,0
Media	2,130	Construcción de trinchos (metros)	Valor Actividad \$	\$ 636.226,7
		Estudios y diseños	Valor Actividad \$	\$ 171.038,5
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 148.233,4
		Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 7.108.752,3
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL MEDIA</i>				\$ 8.064.251,0
Baja	0,490	Siembras (reforestación)	Valor Actividad \$	\$ 817.673,4
		Seguimiento y Monitoreo	Valor Actividad \$	\$ 34.100,6
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
			Valor Actividad \$	#N/D
<i>SUBTOTAL BAJA</i>				#N/D



<b>Valoración Global Actividades \$</b>
<b>Valoración Económica Ambiental Total Actividades \$</b>
<b>\$122.618.049</b>

Para establecer el presupuesto de las necesidades se tuvo en cuenta los precios unitarios

para la zona de interés, con un incremento del 11% en los valores presupuestales estimados por la Corporación Autónoma Regional de Caldas para el año 2023; en los cuales se proponen actividades de mitigación, restauración y rehabilitación ecológica de la zona. Todo esto se realiza con el apoyo de los funcionarios de la Subdirección de infraestructura que han realizado las visitas a la zona luego de ocurrido el evento

Tabla 8 Propuesta de presupuesto para las necesidades ambientales propuesto por Corpocaldas

Actividades	Unidad de medida	Cantidades	Costo
<b>Trabajos preliminares sin transporte de desechos</b>	M2	6135	\$ 13.784.484
<b>Cercas en guadua y alambre de púas</b>	ML	980	\$ 15.448.936
<b>Excavaciones</b>	M3	7012	<b>\$ 547.603.132</b>
<b>Obras en concreto</b>	M3	102	<b>\$ 64.725.989</b>
<b>Gaviones</b>	M3	176,0	\$ 77.197.676
<b>Sobre acarreo en Buggi, al hombro fuerte pendiente y en bestia fuerte pendiente</b>	M3/Hm	22722,0	\$ 995.495.674
<b>TOTAL</b>			
<b>obras de bioingeniería</b>			
<b>Trinchos con alambre de doble horcón</b>	M2	15339,0	\$ 1.100.494.254
<b>FILTROS EN GUADUA</b>	M3	213,0	\$ 31.740.491

Barreras vivas con limoncillo	ML		
Barreras vivas con estacas	Unidad	5000,0	\$ 25.457.850
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.157.692.595</b>
Acequias en geomembrana	M2	<b>1120,0</b>	<b>\$ 81.517.867</b>
			\$ 2.953.466.353
ADMINISTRACION	23%		\$ 679.297.261
UTILIDAD	7%		\$ 206.742.645
IVA (Sobre la utilidad)	19%		\$ 39.281.103
Interventoría	7%		\$ 206.742.645
<b>COSTO TOTAL OBRA CIVIL</b>			<b>\$ 4.085.530.007</b>
<b>ACCIONES DE PROTECCIÓN, RESTAURACIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL</b>			<b>\$ 240.887.376,00</b>
<b>COSTO TOTAL PROYECTO</b>			<b>4.326.417.383</b>



#### **8.4.4 Aplicación de la metodología de EDANA-C en Cerro el Burro, municipio de Marmato, Caldas**

El municipio de Marmato ha experimentado diversos eventos como resultado del último fenómeno de La Niña, así como de la intensiva actividad de extracción minera que ha persistido en la región a lo largo de muchos años. Durante el fenómeno de la Niña, se han registrado movimientos en masa de tipo flujo en el Cerro El Burro. Por esta razón, en la reunión sostenida con los profesionales de Biodiversidad y Ecosistemas, se ha priorizado esta zona para la aplicación de la metodología diseñada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, identificada con las siglas EDANA-C.



*Imagen 41. Vista del cerro El Burro, donde se localiza el canalón de la iglesia, Sector Molino, El Colombiano y parte posterior del atrio. En esta imagen se observan los procesos de inestabilidad del Cerro El Burro*

La ejecución de la metodología se intentó implementar en dicho municipio, sin embargo, dado que la causa principal de los procesos de inestabilidad en la zona se atribuye a la actividad minera desmedida que ha tenido lugar en el municipio durante más de 500 años, no se dispone de un registro claro del estado de la zona antes de dicha actividad. Por lo tanto, Realizar el estudio en su estado actual implica que, según la metodología, el daño ambiental reportado sea clasificado como bajo; esto posiblemente debido a que esta metodología tiene como objetivo implementar medidas para la recuperación de los servicios ecosistémicos afectados por la ocurrencia de un cierto tipo de evento; entonces, al realizar esta evaluación en una zona que actualmente no preserva ningún servicio ecosistémico a recuperar, la misma va a sugerir que en el sector no se requiere llevar a cabo ninguna acción de recuperación, ya que va a tener en cuenta el estado actual de las variables requeridas por la EDANA-C. Por tal razón se solicitó una reunión con los profesionales del Ministerio de medio Ambiente designados para apoyar a las Corporaciones en la ejecución del EDANA-C, en la cual se llega a la conclusión que, dado el gran impacto ambiental y las limitaciones que contempla la EDANA-C, esta no es la evaluación indicada para identificar el impacto ambiental en la zona y proponer actividades para su recuperación.

		Procedimiento de reporte de Evaluación de Daños y Análisis Necesidades Ambientales pos desastre Continental EDANA C					
		Proceso: Gestión del Riesgo					
Versión: 5		Vigencia: /2022		Movimiento en masa			
Descripción General del evento							
Nombre del responsable de datos	Subdirecciones de infraestructura ambiental y Biodiversidad y Ecosistema		Fecha de inspección		DD	MM	AA
Entidad	Corpocaldas		Fecha de Evento		DD	MM	AA
Tipo de Evento	Movimiento en masa		Nivel (UNGRD)	I	II	III	IV
Departamento	Caldas		Municipio	Marmato			
Veredas	Cerro El burro		Coordenadas	lat:	5.475806°	long:	75.601556°
Factor detonante del evento	Aumento en la intensidad de lluvias por el fenómeno de la niña						
Estado del evento	Activo						
Zona de importancia Ambiental	ABACOS, fajas protectoras de cauces						
Variable	Linea Base	Diagnostico	Valor	Servicio Ecosistemico	Necesidades Ambientales		
Área de importancia Ambiental	Protección	Protección	3	Regulación hídrica	Rehabilitación ecológica		
	Preservación	Preservación	3	Regulación hídrica	Rehabilitación ecológica		
Tipo de Cobertura de la tierra	Pastos enmalezados	Pastos enmalezados	1	Hábitat para especies	Rehabilitación ecológica		
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1				
	Construcciones Rurales	Tejido urbano continuo	1				
	Zonas de extracción minera	Zonas de extracción minera	1				
	Vegetación secundaria o en transición	Vegetación secundaria o en transición	2	Fertilidad del suelo	Rehabilitación ecológica		
Fauna	Especies Nativa	Especies Nativa	1	Hábitat para especies	Recuperación ecológica		
Flora	Especies Nativa	Especies Nativa	1	Hábitat para especies	Rehabilitación ecológica		
Recurso Hidrico	Cuenca Alta - Drenaje Sencillo Permanente	Cuenca Alta - Drenaje Sencillo Permanente	3	Depuración del agua	Rehabilitación ecológica		
	No se presentan	No se presentan	1				
Suelos	Clase VII	Clase VII	3	Hábitat para especies	Recuperación ecológica		

Tabla 9 Ficha propuesta por la metodología de EDANA-C en donde aparecen las variables afectadas por el movimiento en masa en el Cerro El Burro, Marmato; así como los servicios de regulación ecosistémico afectados y las necesidades ambientales de estos



*Imagen 42. Mapa de categorización de daño ambiental de acuerdo a las condiciones actuales, en el cual se observa que, si se realiza la evaluación del daño ambiental teniendo en cuenta el estado actual de la zona, entonces la metodología va a arrojar valores que van a indicar que en sí en la zona de estudio no es necesario hacer una estimación económica del daño ambiental, dado que el mismo no de alta magnitud, cuando es todo lo contrario*

## 9 DISCUSIÓN

Una vez aplicada la metodología de Evaluación de Daño y Análisis de Necesidades ambientales (EDANA-C), que permite establecer una zonificación del daño ambiental luego de la ocurrencia de un evento (avenida torrencial, movimientos en masa, inundaciones, entre otras), estructurada por el grupo de Cambio Climático y Gestión del riesgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Durante la ejecución de la metodología, se han identificado vacíos significativos en la base de datos de la Corporación Autónoma Regional de Caldas, específicamente en lo referente a la información necesaria para la construcción de la línea base. Se observó que la información disponible estaba poco actualizada o, en algunos casos, completamente ausente, destacándose la ausencia de cartografía detallada sobre las especies de flora y fauna en las zonas objeto de análisis durante la práctica. Esta carencia puede atribuirse, posiblemente, a la falta de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) para las cuencas afluentes al río Cauca en el departamento de Caldas hasta el momento.
- En la aplicación de la metodología en un sitio específico, es crucial considerar las limitaciones inherentes y asegurar el acceso a la información necesaria para la construcción de la línea base. En numerosas ocasiones, se encontraron desafíos al utilizar la información de la base de datos de Corpocaldas, ya que, en muchos casos, la escala o el nivel de detalle no coincidían con los requisitos de la metodología. Esto señala que, desde el inicio de la implementación de la metodología EDANA-C en los municipios de Anserma, Riosucio y Supía, se anticipaban variaciones en las

variables, lo que exigía la obtención de datos a través de informes o reportes específicos del evento. Sin embargo, también se identificó la ausencia de información en algunos de estos informes, lo que añadía complejidad al proceso de recopilación de datos.

- Durante la implementación de la metodología, se ha desarrollado una experiencia significativa en la estimación económica de las Necesidades Ambientales de la zona. Esta experiencia se ha traducido en la habilidad para elaborar presupuestos detallados, ajustados a los precios unitarios establecidos por Corpocaldas para cada municipio analizado. Asimismo, se ha adquirido destreza en la recomendación de actividades específicas, ya sea para la mitigación del riesgo ambiental o la restauración del entorno, basándose en las afectaciones identificadas en las zonas de estudio. Este enfoque ha permitido no solo cuantificar las necesidades económicas asociadas a las intervenciones ambientales sino también proponer acciones concretas para abordar los desafíos identificados en el territorio.

En el contexto de mi participación en otros proyectos dentro de la Corporación, experimenté ciertas limitaciones vinculadas a mis conocimientos en análisis y estudios geomorfológicos, así como en la asistencia para la ejecución y revisión de estudios como los de detalle, básicos, planes de Ordenamiento Territorial, estudios hidrológicos, entre otros. Estas limitaciones pueden atribuirse, en parte, a las carencias en estos temas dentro del plan de estudios de la universidad. Como geólogo con un enfoque en el ámbito ambiental, considero que estos conocimientos son esenciales para el ejercicio de la profesión. En este sentido, como estudiante de la universidad, recomendaría una actualización del plan de estudios para adaptarse a las demandas actuales de la sociedad en



relación con la profesión geológica. Es fundamental reconocer que esta carrera abarca no solo aspectos económicos, sino también ambientales, y, por lo tanto, ambos deben ser enseñados en un mismo nivel educativo.

En términos generales, durante mi colaboración con la Corporación Autónoma Regional de Caldas, me enfoqué en identificar y abordar las necesidades ambientales de una zona afectada por un evento relacionado con el fenómeno de la Niña en el departamento. Este trabajo se realizó como parte de un plan piloto para evaluar la aplicabilidad de la nueva metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, conocida como EDANA-C, con miras a su implementación en futuros eventos similares. Durante este proceso, trabajé en estrecha colaboración con profesionales de la Subdirección de Infraestructura Ambiental y la Subdirección de Biodiversidad y Ecosistemas, aplicando mis conocimientos técnicos en geología para proponer medidas de estabilización, mitigación y restauración. Además, adquirí experiencia en la elaboración de presupuestos para estas medidas, contribuyendo así al manejo sostenible de la zona afectada.

## 10 CONCLUSIONES

1. la geología de Colombia, enmarcada por la interacción de las placas Sudamericana, Nazca y Caribe, ha dado origen a un fenómeno geológico impresionante: la Cordillera de los Andes. Este majestuoso sistema montañoso, compuesto por las cordilleras Central, Occidental y Oriental, es producto de la orogenia desencadenada por la subducción de las placas Nazca y Sudamericana. En este contexto, el departamento de Caldas se sitúa sobre las cordilleras Central y Occidental, presentando una diversidad geológica notable que abarca desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. Las formaciones geológicas en Caldas reflejan esta diversidad, con una amplia gama de orígenes, incluyendo ígneos, sedimentarios y metamórficos, influenciados por la actividad de diversas fallas geológicas.
2. La Corporación Autónoma Regional de Caldas es una entidad pública que desempeña el papel de Autoridad Ambiental, con la misión de contribuir al desarrollo sostenible del territorio del departamento de Caldas. Su enfoque se centra en la conservación y el uso racional de los recursos naturales y del medio ambiente. Para lograr este propósito, la entidad implementa normas y políticas ambientales, lleva a cabo procesos de modernización institucional y promueve el fortalecimiento de la cultura del servicio hacia sus diversos grupos de interés.
3. El visor cartográfico de Corpocaldas se presenta como una herramienta sumamente útil para que cualquier usuario tenga la posibilidad de acceder y

visualizar la información almacenada por la Corporación. Es imperativo que estas bases de datos se mantengan constantemente actualizadas con la información adquirida por la Corporación Autónoma Regional de Caldas. En este contexto, se ha identificado la necesidad de actualizar toda la información relevante sobre las obras terminadas en todo el departamento de Caldas. Dado que la base de datos de las obras estaba actualizada hasta el año 2022, se ha tomado la decisión de incorporar las obras terminadas en el año 2023, sumando un total de 16 nuevas obras a la base de datos. Este proceso asegura que el visor cartográfico refleje de manera precisa y actualizada el panorama de las obras en el territorio.

4. La aplicación de la metodología de Evaluación de Daño y Análisis de Necesidades Ambientales post Desastre Continental (EDANA-C) proporciona una herramienta efectiva para identificar las variables claves para evaluar y cuantificar el daño ambiental, tales como la identificación de áreas de importancia ambiental, tipos de cobertura de tierra, suelos, especies de flora y fauna, y recursos hídricos afectados. Al ejecutarla en la microcuenca de la quebrada Quebradagrande (Supía), en la microcuenca de la quebrada Bermejál (Riosucio), y en la microcuenca de la quebrada Cauyá (Anserma), se ha categorizado las zonas afectadas por el evento según la magnitud del daño ambiental, facilitando la identificación de actividades específicas para la recuperación de cada área afectada. Esta categorización del daño ambiental se convierte en la base para realizar estimaciones precisas de los costos asociados con la recuperación del servicio

ecosistémico de regulación, proporcionando así una guía integral para la gestión eficiente de los recursos y la restauración ambiental en la región.

5. Durante la compilación de los datos requeridos para la metodología de EDANA – C permite establecer una zonificación de los grados de daño en los territorios por el evento de estudio, esto facilita y agiliza la identificación de las diferentes necesidades de cada sector afectado y focalizar recursos de acuerdo a grado de importancia y daño ambiental en cada sector
6. Dado que la metodología de EDANA-C se enfoca principalmente en la recuperación o restauración de los servicios ecosistémicos de regulación, su evaluación depende del grado de impacto en la zona y el estado del ecosistema antes de la ocurrencia del evento al cual se le aplica la metodología. En el caso del municipio de Marmato, la actividad minera desmedida ha desprovisto a la zona de servicios ecosistémicos de regulación. Por lo tanto, ejecutar esta metodología en el sector resulta poco útil para abordar las necesidades específicas de recuperación ambiental que requiere la zona y del mismo modo, valorar económicamente el daño ambiental.
7. las prácticas profesionales realizadas en el marco de la metodología de EDANA-C y el contexto ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas) han brindado una valiosa experiencia. Se destaca la importancia de abordar las limitaciones encontradas en la base de datos de la entidad, especialmente en lo referente a la información actualizada o

ausente, particularmente en lo concerniente a la cartografía de especies de flora y fauna en las zonas analizadas.

8. La ejecución de la metodología ha revelado la necesidad de adaptarse a las variaciones en las variables de los municipios estudiados, exigiendo un levantamiento de información más detallado a partir de informes de eventos específicos. Se ha identificado la falta de POMCAS para las cuencas aferentes al río Cauca en el departamento de Caldas como un vacío significativo que afecta la disponibilidad de datos clave para la construcción de la línea base.
9. Durante la ejecución de la metodología de EDANA-C se ha adquirido destreza en la estimación económica de las Necesidades Ambientales, incluyendo la elaboración de presupuestos basados en los precios unitarios establecidos por Corpocaldas. La capacidad para recomendar actividades específicas, ya sea para la mitigación del riesgo ambiental o la restauración del entorno, se ha fortalecido, proporcionando una visión práctica para abordar las afectaciones identificadas en las zonas de estudio.
10. Estas prácticas han proporcionado una comprensión más profunda de la intersección entre la geología y la gestión ambiental, destacando la importancia de abordar los vacíos de información, adaptarse a las variaciones locales y continuar fortaleciendo las habilidades técnicas para contribuir efectivamente al desarrollo sostenible del territorio.



## 11 Recomendaciones.

- Con el objetivo de mantener la capacidad de visualización de las obras en el territorio a través del visor cartográfico de la Corporación, se recomienda llevar a cabo una actualización constante de dicha herramienta. Este proceso garantizará que el visor refleje de manera precisa y actualizada el panorama de las obras presentes en el

territorio, proporcionando una valiosa fuente de información para aquellos que requieran acceder a ella.

- Desarrollar y fortalecer alianzas estratégicas con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para obtener apoyo en la ejecución de proyectos piloto y la gestión de recursos, se podría considerar la participación activa en la implementación de la Guía EDANA - C, lo que implicaría una colaboración estrecha con el Ministerio para garantizar una evaluación más integral de los impactos ambientales. Esto podría incluir la revisión y mejora de la guía en sí, junto con la contribución de información y datos detallados provenientes de la labor de la Subdirección de Infraestructura Ambiental de Corpocaldas. Además, establecer canales de comunicación directa y periódica con el Ministerio para monitorear y retroalimentar el proceso de evaluación y recuperación de los servicios ecosistémicos y, en general, fortalecer la cooperación y trabajo conjunto. La colaboración estrecha con el Ministerio de Medio Ambiente, aprovechando iniciativas pioneras como la Guía EDANA-C, podría significar una mejora significativa en el proceso de evaluación y recuperación de los daños ambientales post-desastre, lo que contribuiría a fortalecer la gestión sostenible del entorno natural en la región.
- Continuar el acompañamiento y la colaboración con otras Autoridades Ambientales para compartir las metodologías y herramientas utilizadas en la evaluación de daños y en la gestión ambiental.
- Promover la capacitación continua del personal encargado de la gestión del riesgo, tanto en el Ministerio como en las entidades territoriales, para asegurar que estén actualizados en las mejores prácticas y herramientas disponibles.



- Fomentar la colaboración interinstitucional y el intercambio de buenas prácticas entre las entidades encargadas de la gestión del riesgo a nivel nacional y territorial, para fortalecer la capacidad de respuesta y recuperación frente a eventos adversos.

## 12 ANEXOS

Las evidencias del trabajo se encuentran en la carpeta de drive Compartida denominada “TRABAJO\_DE\_GRADO\_GVM\_2024” en el cual se va a encontrar las evidencias de lo realizado durante mis practicas académicas en Corpocaldas, así como también mapas adicionales encontrados en el informe del trabajo de grado; todo esto se encuentra en el siguiente link:



## REFERENCIAS

Alcaldía municipal de Riosucio, Caldas (S.f.). *Información del municipio de Riosucio*

Caldas. Alcaldía municipal de Riosucio, Caldas. [Información del Municipio](#)

[\(\[riosucio-caldas.gov.co\]\(http://riosucio-caldas.gov.co\)\)](http://riosucio-caldas.gov.co)

Alcaldía municipal de Supía, Caldas (S.f.). *Información del municipio de Supía, Caldas.*

Alcaldía municipal de Supía, Caldas. [Información del Municipio \(supia-](#)

[caldas.gov.co\)](http://caldas.gov.co)

Arenas, G. (2021). *Guía metodológica de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades*



*ambientales Pos Desastre – Continental*. Dirección del Cambio Climático y Gestión del Riesgo – Grupo de gestión del Riesgo. [Evaluación de Daños y Necesidades Ambientales - EDANA - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \(minambiente.gov.co\)](#)

Calle, B. & González, (1982). *Geología y Geoquímica de la plancha 186, Riosucio*.

República de Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería.

Cartwright, D. (2019). *Geoquímica y petrografía de rocas de la Formación Barroso, una mirada a su relación con los complejos máficos de la Cordillera Occidental y Central. [Tesis para obtener el título de Geocientífico]*. Departamento de Geociencias, Universidad de los Andes.

Cuellar, C., Corradine, M. (2003). *Convenio para el mejoramiento de la competitividad artesanal colombiana, artesanías de Colombia – Diagnostico del municipio de Marmato (Departamento de Caldas)*. Ministerio de Comercio, industria y turismo.

[El diagnóstico para definir los oficios artesanales a implementar en cada comunidad, estará basado entre otros, en los siguientes criterios: \(artesaniasdecolombia.com.co\)](#)

David Cruden and D Varnes. Cruden,d.m., varnes, d.j., 1996, landslide types and processes, special report , transportation research board, national academy of sciences, 247:36-75. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board, 247:76, 1996.

Decreto 1076 de 2015. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo del 2015.* [Decreto 1076 de 2015 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \(minambiente.gov.co\)](#)

Decreto 1077 del 2015. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del*



*Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.* 26 de mayo del 2015. [Decreto 1077 de 2015](#) |

### Minvivienda

Decreto 3930 del 2010. *Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI- Parte III-Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.* 25 de octubre del 2010. [Decreto 3930 de 2010 - Gestor Normativo - Función Pública \(funcionpublica.gov.co\)](#)

Estrada, J., Viana, R., & González, H. (2001). *Plancha 205/Chinchiná. República de Colombia.* Instituto de investigación e información geocientífica, minero- ambiental y nuclear. INGEOMINAS.

Gobierno de Caldas (2014) *Parte 1 Información Básica del municipio de Marmato.*

Gobierno de Caldas. [Microsoft Word - INVENTARIO TURISTICO MARMATO.doc \(caldas.gov.co\)](#)

González, H. & Londoño, A.C. (1998). *Edades K/Ar en algunos cuerpos plutónicos del Graben Cauca-Patía y Norte de la Cordillera Occidental.* - *Geología Colombiana*, 23, pgs. 117-131,8 Figs., 9 Tablas, Santafé de Bogotá.

Gonzalez, H. (1993). *Mapa geológico del departamento de Risaralda. Geología y recursos naturales. Memoria Explicativa.* Instituto de Investigaciones en geociencias, minería y química. INGEOMINAS

IDEAM (2019).

INGEOMINAS (1993). *Mapa geológico del departamento de Caldas : Geología y recursos minerales, escala 1:250.000, memoria explicativa.* Instituto de investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). [Servicio Geológico Colombiano](#)



[- Biblioteca Koha > Detalles para: Mapa geológico del departamento de Caldas :](#)  
[\(sgc.gov.co\)](#)

Ley 1474 del 2011. *Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública.* 12 de Julio del 2011. [Ley 1474 de 2011 - Gestor Normativo - Función Pública \(funcionpublica.gov.co\)](#)

Ley 1523 del 2012. *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 y se dictan otras disposiciones.* 24 de abril de 2012. [Ley 1523 de 2012 - Gestor Normativo - Función Pública \(funcionpublica.gov.co\)](#)

LEY 1682 DE 2013. *Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.* 22 de noviembre del 2013

Ley 99 de 1993. *por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.* 22 de diciembre del 1993. [Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública \(funcionpublica.gov.co\)](#)

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2013). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- Dirección de Gestión del Integral del Recurso Hídrico

Montealegre, J., (2014). *Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La*



*Niña en Colombia, como insumo para el atlas climatológico.* Instituto de climatología, meteorología y estudios Ambientales, IDEAM- Subdirección de meteorología

Municipio de Colombia (s.f.). Municipio de Anserma. Municipio de Colombia. [Anserma en el departamento de Caldas - Municipio y alcaldía de Colombia](#)

Ramos, A., Reyes, A., Munévar, M., Ruiz, G., Machuca, S., Rangel, M., Prada, L., Cabrera, M., Rodríguez, C., Escobar, N., Quintero, C., Escobar, J., Giraldo, D., Medina, M., Durán, L., Trujillo, D., Medina, D., Capachero, C., León, D., Ramírez, K., Gonzáles, E., Rincón, S., Solarte, P., Castro, L., López, C., Navarro S., Pérez, M. (2021). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales.* Servicio Geológico Colombiano

Restrepo, J.J. & Toussaint, J.F. (2020). *Tectonostratigraphic terranes in Colombia: An update. First part: Continental terranes.* In: Gómez, J. & Mateus-Zabala, D. (editors), *The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic.* Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 37–63. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.03>

Rodríguez, G. & Arango, M.I. (2013). *Formación Barroso: Arco Volcánico toleitico y diabasas de San José de Urama: un prisma acrecionario T-MORB en el segmento norte de la Cordillera Occidental de Colombia.* Boletín de Ciencias de la Tierra, 33, 17-38.

Salazar, A. F. (2011). *Análisis geoquímicos de la cuarzodiorita de Mistrató (ecdm), en el municipio de Mistrató (Risaralda) [tesis de grado para optar al título de geólogo].* Universidad de Caldas.



Tierra colombiana (s.f.). *Corporaciones Autónomas Regionales de Colombia*. Tierra colombiana. [▷ Corporaciones Autónomas Regionales de Colombia - Tierra Colombiana](#)

TodaColombia (2019). *Departamento de Caldas*. TodaColombia la cara amable de Colombia. [Caldas: Departamento de Caldas Colombia \(todacolombia.com\)](#)

Vallejo, D. F., Salazar, A. F. & Toro Toro, L. M. (2011). *Petrografía y geoquímica de las rocas intrusivas aflorantes entre los municipios de Mistrató y Belén de Umbría (departamento de Risaralda, Cordillera Occidental Colombiana)*. Boletín de Geología, Vol. 33.