



Tesis

**Vulnerabilidad Ambiental en el Sector San Francisco
Barrio Siloé de la Comuna 20, Municipio Santiago de Cali**

Tesis presentada como requisito para obtener el título de Magíster en Desarrollo Sustentable

Katerine Jojahana Montes Navarro

Ingeniera Ambiental

Estudiante

Elkin De Jesús Salcedo Hurtado.

Ph. D. en Ciencias de la Tierra

Director de tesis:

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería y Geomática

Programa Maestría en Desarrollo Sustentable

Santiago de Cali, septiembre de 2018

RESUMEN

En la presente investigación se abordó la problemática de los elementos ambientales debido al impacto de las actividades humanas para determinar la vulnerabilidad ambiental. Como área de estudio se seleccionó el sector San Francisco del barrio Siloé de la comuna 20 del municipio de Santiago de Cali, ubicado en el piedemonte de la cordillera Occidental, en la zona de ladera con pendientes elevadas y procesos de movimientos en masa, entre otros. Comprendió la revisión y análisis de información secundaria, observación en campo para identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas, uso del método de las Empresas Públicas de Medellín para evaluar la fragilidad ambiental, sistemas de información geográfico para calcular la exposición de los elementos ambientales y análisis de algunas variables del suelo. Esta tesis se presenta en cinco (5) capítulos: En el capítulo I, se encuentran las generalidades de la investigación. En el capítulo II el marco teórico y el estado del arte, donde se describen los conceptos y estudios utilizados como apoyo para la investigación. En el capítulo III, la revisión conceptual de la vulnerabilidad ambiental y sus componentes. En el capítulo IV, se exponen los resultados por cada uno de los objetivos específicos y en el capítulo V las conclusiones y las recomendaciones. Dentro de los resultados encontrados se planteó el concepto, los componentes y niveles de vulnerabilidad ambiental.

Palabras claves: elementos ambientales, actividades antrópicas, exposición, fragilidad ambiental, capacidades propias e instaladas y vulnerabilidad ambiental.

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien me dio la fortaleza para emprender y culminar este proceso y permitió que muchas personas estuvieran en mi camino aportando sus conocimientos y experiencias, los cuales contribuyeron en el desarrollo de la tesis.

A Alfonso Enrique Montes Guerra por brindarme su apoyo cuando decidí iniciar los estudios de maestría.

Al profesor Elkin Salcedo Hurtado por haberme guiado en la realización de esta tesis y sobre todo por la pasión que le pone a su labor.

A Wilson Cortes del Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Santiago de Cali por compartir sus conocimiento y relatos sobre la zona de estudio.

A las integrantes de la Mesa Territorial de Mujeres de la comuna 20 y a las mujeres y hombres del sector San Francisco que compartieron sus historias de vida.

A los miembros del Grupo de GEORIEGOS de la Universidad del Valle, por su apoyo.

Al Comité de Integración y Evaluación y a los compañeros de la Maestría en Desarrollo Sustentable por las recomendaciones realizadas al proyecto de investigación.

A cada una de las personas que contribuyeron con sus aportes al desarrollo de esta tesis.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Objetivo General	14
1.2.2. Objetivos Específicos	14
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.5. ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA.....	18
1.5.1. Descripción del área de estudio.....	18
1.5.2. Estructura metodológica.....	19
.....	28
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	29
2. 1. MARCO TEÓRICO	29
2.1.1. Ambiente	29
2.1.2. Amenaza.....	31
2.1.3. Desarrollo sustentable	31
2.1.4. Gestión integral del riesgo.....	32
2.1.5. Territorio	33
2.1.6. Riesgo y riesgo ambiental	33
2.1.7. Vulnerabilidad	34
2.2. ESTADO DEL ARTE	36
2.2.1. Nivel Internacional	36
2.2.2 Nivel Nacional.....	42
2.2.3 Nivel Municipal.....	43
CAPITULO III. VULNERABILIDAD AMBIENTAL	46
3. 1. VULNERABILIDAD AMBIENTAL	46

3.1.1. Componentes de la vulnerabilidad ambiental.....	48
3. 1.1.1. Capacidades Propias e Instaladas	48
3.1.1.2. Exposición	48
3.1.1.3. Fragilidad ambiental.....	49
3.1.4. Elementos Ambientales.....	49
3.1.5. Actividades antrópicas.....	52
CAPITULO IV. RESULTADOS	53
4. 1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1. CONCLUSIONES	81
5.2. RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
ANEXOS:	93

Listado de tablas

Tabla 1. Niveles de exposición de los elementos ambientales usados en el presente estudio.	22
Tabla 2. Importancia del impacto ambiental de acuerdo al método de las Empresas Públicas de Medellín.	25
Tabla 3. Niveles de afectación de la fragilidad ambiental.	26
Tabla 4. Clasificación de los niveles de Vulnerabilidad ambiental.	27
Tabla 5. Variables para la estimación del Índice de Fragilidad Ambiental-IFA en Costa Rica. ..	39
Tabla 6. Conceptos sobre vulnerabilidad ambiental existentes en la literatura.....	46
Tabla 7. Variables de los elementos ambientales.	49
Tabla 8. Tipo de actividades antrópicas que pueden afectar a cada uno de los elementos ambientales considerados en este estudio.	52
Tabla 9. Elementos ambientales seleccionados para determinar la vulnerabilidad ambiental.....	54
Tabla 10. Actividades antrópicas realizadas en el sector San Francisco.....	56
Tabla 11. Identificación de las alteraciones o cambios en los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas en la zona de estudio.....	59
Tabla 12. Clase textural del suelo.	63
Tabla 13. Diámetro medio ponderado y porcentajes de agregación.	64
Tabla 14. Límites de Atterberg e índice de plasticidad.	65
Tabla 15. Definición de niveles de exposición.....	66
Tabla 16. Área cubierta por los elementos ambientales expuestos a las actividades antrópicas en la zona de estudio.	67
Tabla 17. Clases de pendiente de la zona de estudio.....	69
Tabla 18. Orientaciones del relieve.	71
Tabla 19. Evaluación de la fragilidad ambiental por el método de las Empresas Públicas de Medellín.	72
Tabla 20. Niveles de afectación de los elementos ambientales por el método de las Empresas Públicas de Medellín – EPM.	75
Tabla 21. Niveles de Vulnerabilidad ambiental usados en el presente trabajo.	77
Tabla 22. Cruce entre la exposición y la fragilidad ambiental de los elementos ambientales ante las actividades antrópicas.	77

Listado de gráficos

Gráfico 1. Localización de la zona de estudio.....	19
Gráfico 2. Procedimiento metodológico usado para el desarrollo del presente trabajo (elaboración propia).	28
Gráfico 3. Mapa de pendientes correspondiente a la zona del sector San Francisco que requiere medidas de intervención.....	70
Gráfico 4. Representación de los niveles de vulnerabilidad ambiental en el Sector San Francisco.	79

Listado de fotografías

Fotografía 1. Participación en reuniones de la Mesa de Mujeres de la Comuna 20, fuente Gloria Sánchez, 2017.....	53
Fotografía 2. Tipos de vivienda y vías del Sector San Francisco del barrio Siloé, comuna 20....	57
Fotografía 3. Manejo inadecuado de residuos sólidos en el Sector San Francisco del barrio Siloé, comuna 20.	57
Fotografía 4. Extracción Minera en Siloé en el año 1958. Fuente: Extracción Minera en Siloé en el año 1958. CINVA – OEA. Siloé. Serie: trabajo de clase No. 6, Bogotá 1958 (como se citó en Ruíz, 2016).....	58
Fotografía 5. Modificación de los elementos ambientales (cobertura vegetal, suelo y relieve) para la localización de actividades antrópicas como construcción de viviendas y vías.....	63
Fotografía 6. Localización del sector San Francisco barrio Siloé, comuna 20, foto área facilitada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Santiago de Cali, 2010.....	67

INTRODUCCIÓN

Las actividades realizadas por la sociedad, han generado una serie de transformaciones en los elementos ambientales (relieve, suelo, agua, aire, bióticos), lo cual ha conllevado al deterioro y degradación de los mismos. En la presente investigación se propone abordar la problemática de los elementos ambientales debido al impacto de las actividades humanas, con el objetivo de determinar la vulnerabilidad ambiental. Entendida esta como el grado de fragilidad o predisposición de los elementos ambientales a sufrir alteración o deterioro al estar expuesto ante el desarrollo de actividades antrópicas.

El estudio fue realizado en el sector San Francisco del barrio Siloé de la comuna veinte (20), en el municipio de Santiago de Cali, por ser un sector ubicado en el piedemonte de la cordillera Occidental, en zona de ladera con presencia de procesos de erosión, remoción en masa y una geomorfología caracterizada por pendientes elevadas, depresiones, terreno quebrado y ondulado (DAPM, 1994). Desde sus orígenes los pobladores de la comuna 20 practicaban la minería de carbón, actividad que genera impactos en el suelo, el agua, en las especies arbóreas, faunística y por supuesto en la calidad del aire. Esto pone en evidencia el uso inapropiado de los elementos del medio físico, por parte de los seres humanos.

De acuerdo a lo anterior se plantearon tres objetivos para “determinar la vulnerabilidad ambiental, frente a las actividades antrópicas que generan alteraciones en los elementos ambientales, en el sector San Francisco”: El primero, identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas presentes en la zona de estudio; el segundo, determinar las posibles alteraciones o cambios que pueden sufrir los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas y el tercero, estimar la exposición y la fragilidad de los elementos ambientales ante las actividades antrópicas.

Metodológicamente el estudio comprendió la revisión y análisis de información secundaria, recorridos de campo para identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas presentes en la zona de estudio, uso del método de las Empresas Públicas de Medellín para determinar la fragilidad ambiental, sistemas de información geográfico para calcular la exposición

de los elementos ambientales y análisis de suelo para conocer la afectación del suelo frente a las actividades antrópicas seleccionadas para el estudio.

Las dificultades presentadas durante la realización de la presente investigación estuvieron relacionadas con el acceso a la zona de estudios por aspectos de seguridad y recursos económicos para realizar pruebas de campo.

Los resultados de esta tesis se presentan en cinco (5) capítulos: En el capítulo I, se presentan las generalidades de la investigación. En el capítulo II el marco teórico y el estado del arte, donde se describen los conceptos y estudios utilizados como apoyo para la investigación. En el capítulo III, se presenta la revisión conceptual de la vulnerabilidad ambiental y sus componentes. En el capítulo IV, se detallan los resultados por cada uno de los objetivos específicos y en el capítulo V las conclusiones y las recomendaciones.

CAPITULO I. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los asentamientos humanos, centros poblados, ciudades pequeñas y medianas, metrópolis y megalópolis se construyen modificando o transformando la naturaleza: la tierra, el aire, el agua, la flora y la fauna, sirven de soporte a estas transformaciones y son, en sí, transformados por ellas. El producto de las mismas es un nuevo entorno construido, un ambiente "natural" nuevo que combina lo social con lo natural bajo patrones de alta centralidad y densidad: un medio ambiente urbano. Tal medio ambiente es la expresión concreta y dinámica de aquellas unidades físico-espaciales, eco-demográficas, que denominamos "ciudades" (Lavell, 1994p.12).

En los planteamientos teóricos y en los proyectos aplicados de ordenamiento territorial siempre se considera la relación sociedad territorio, analizando los recursos que este último ofrece y la utilización de que son objeto por parte de la primera (Cancer, 1999). Con esta visión, la sociedad ha explotado el espacio físico a través de sus actividades antrópicas y el uso inapropiado del territorio en búsqueda del desarrollo. Sin embargo, a su paso lo que ha generado es degradación del medio físico y ha tenido que afrontar las consecuencias de sus actos.

Cuando se generan alteraciones sobre el medio ambiente, se construyen entornos recíprocos de riesgo tanto para el mismo medio como para la sociedad. Dada las relaciones holísticas que este problema representa, los limitados recursos económicos, las escasas investigaciones al respecto, la insuficiente percepción de actores involucrados, entre otras causas, se establece que la gestión de este tipo de riesgo, es una situación no resuelta en la actualidad.

El riesgo, concebido como la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad, es definido como la estimación adelantada de las posibles pérdidas o daños que se puede causar en un (os) elemento (s) que con cierto grado de fragilidad se encuentra (n) expuestos ante un fenómeno, evento o proceso peligroso. De igual manera, podemos definir el riesgo ambiental como el daño y las pérdidas que se pueden generar en los elementos del ambiente a causa de las actividades antrópicas. Entendiendo el ambiente como la relación que existe entre el medio físico y el social.

Bajo la lógica anterior, el riesgo ambiental se refiere a las pérdidas anticipadas que generan las actividades desarrolladas por la sociedad en el medio físico. Alberto Juan, (2005), argumenta que tanto en regiones ricas como pobres el crecimiento urbano acelerado y desordenado genera un fuerte impacto espacial y, en la mayoría de los casos, severos y numerosos problemas ambientales como la contaminación del aire, agua y suelo, la disminución del suelo subyacente por cementación y edificación, como así también la pérdida de ambientes naturales y los seres vivos que los componían. En este sentido, se propone el estudio de la vulnerabilidad ambiental como la exposición y fragilidad de los elementos del ambiente (suelo, relieve, agua, aires, fauna, flora, etc) frente a las actividades humanas. Es importante aclarar que, si bien el medio físico sufre cambios dentro de su ciclo natural, no es a estos cambios a los que se refiere la vulnerabilidad ambiental de la presente investigación, sino aquellos generados por el medio social. Es decir, las actividades realizadas por los seres humanos que alteran y/o degradan el medio físico.

El municipio de Santiago de Cali es la tercera ciudad más poblada del país y la planificación bajo la cual fue construida refleja un fuerte impacto en el uso de los recursos naturales por las diferentes actividades antrópicas realizadas en varias zonas de la ciudad. Una de estas zonas es la comuna 20, la cual se localiza en el piedemonte de la cordillera Occidental, en territorio de ladera con presencia de procesos de remoción en masa y una geomorfología caracterizada por pendientes elevadas, depresiones, terreno quebrado y ondulado según el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Santiago de Cali (DAPM, 1994). Uno de los barrios que dio origen a esta comuna fue el barrio Siloé.

Según Ruíz (2016), históricamente en el barrio Siloé sus pobladores practicaban la minera de carbón como actividad económica. Posteriormente, esta actividad permitió la realización de otras y facilitó la transición de zona rural de explotación minera a sector popular de la ciudad de la siguiente manera:

- La informalidad de la explotación de las minas de carbón en la ladera, conllevó a la no existencia de compañía, sino minas en alquiler a varias personas quienes explotaron el carbón en diferentes y distantes zonas de la ladera, donde se construyeron carreteras por donde movilizaban el carbón en volquetas. Las vías facilitaron la movilidad de poblamiento y el rápido asentamiento de viviendas.

- Los propietarios de la tierra y las personas encargadas de liderar la explotación minera no se opusieron a que los mineros construyeran sus ranchos en la ladera. Porque eso, garantizaba la mano de obra, población a la cual venderle los víveres producidos en la tierra (eje. leche) y en el futuro la venta de terrenos.
- El conocimiento de los pobladores de la ladera sobre los terrenos ejidos, con el cual argumentaron la lucha para no permitir el desalojo de la ladera. Por aquella época Cali se convirtió en la ciudad receptora de migrantes provenientes de otras ciudades y regiones. La ciudad triplico la población y no resolvió el déficit de vivienda, por lo cual se generaron procesos de autoconstrucción a través de la movilización social, lo que llevo al Instituto de Vivienda Popular de Cali INVICALI a la compra de tierra de la ladera para suplir las necesidades y satisfacer las peticiones.
- La Disminución en la cantidad y calidad del carbón de las minas de Siloé, el restringido mercado y la poca utilidad económica en la explotación del mineral a gran escala. En 1945 Siloé se perfilo como zona residencial, en la cual el costo de arrendamiento fue más bajo en comparación con el centro de la ciudad. de esta manera se densificó poblacionalmente el sector, al cual llegaron individuos desplazados forzosamente de sus lugares de origen.

Desde el punto de vista ambiental, las razones bajo las cuales se consolido el barrio Siloé dejan en evidencia el uso del territorio sin ningún mecanismo de planificación y las consecuencias que esto ha tenido a lo largo de la historia en la Comuna 20, como por ejemplo presencia de zonas de alta amenaza por remoción en masa, número de viviendas por hectáreas (71.1) superior a la densidad de viviendas para del resto de la ciudad (48), ubicación de los estratos 1 y 2 y la ubicación del 2,9% de la población total del Municipio, es decir 68.283 habitantes (proyección 2014), con una densidad bruta de 279.9 habitantes por hectárea, por encima del promedio de Cali que es de 184.4 habitantes Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM, 2016), entre otras consecuencias.

La anterior situación, motivó el estudio de la vulnerabilidad ambiental en el barrio Siloé, específicamente en el sector San Francisco, tomando como base la falta de planificación territorial con la cual se consolidó y por tener características similares a las descritas para el resto de la

comuna 20. Es decir, presencia de remoción en masa, alta densidad poblacional, uso inapropiado del territorio, etc lo cual genera impactos sobre el medio físico.

Para estudiar la vulnerabilidad ambiental en el sector San Francisco se partió de la exposición actual de los elementos ambientales del medio físico frente a las actividades que se desarrollan en el área de estudio y la evaluación de las afectaciones de dichas actividades.

El análisis de la vulnerabilidad ambiental permite establecer como lugares o espacios físicos expuestos a iguales o diferentes actividades antrópicas tienen posibilidades diferentes de sufrir daños o alteraciones considerando su magnitud y velocidad en la afectación. El problema radica en determinar los factores ambientales que localmente son degradados por actividades antrópicas donde no se considera la planificación del territorio.

1.2. OBJETIVOS

A continuación, se plantea el objetivo general y tres (3) objetivos específicos con los cuales se abordará la investigación.

1.2.1. Objetivo General

Determinar la vulnerabilidad ambiental, frente a las actividades antrópicas que generan alteraciones en los elementos ambientales, en el sector San Francisco del barrio Siloé comuna 20, ciudad Santiago de Cali.

1.2.2. Objetivos Específicos

- 1). Identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas presentes en la zona de estudio.
- 2). Determinar las posibles alteraciones o cambios que pueden sufrir los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas en la zona de estudio.
- 3). Estimar la exposición y la fragilidad de los elementos ambientales ante las actividades antrópicas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las interacciones de la sociedad con el medio físico han evolucionado a lo largo de la historia, desde una preponderancia de las condiciones del entorno sobre los grupos humanos, hasta la situación presente en que dicha relación se ha invertido. En efecto, en las circunstancias actuales, el crecimiento demográfico y el aumento del nivel de vida son posibles por la explotación creciente de los recursos que posibilita la obtención de alimentos para sostener a una población en incremento constante y la disponibilidad de recursos energéticos con que hacer frente al desarrollo tecnológico. Pero esta explotación tiene unos límites, más allá de los cuales se producen desequilibrios que originan la pérdida de calidad, la destrucción de los ecosistemas, el agotamiento de los recursos etc.; todo ello constituye una seria amenaza no sólo para los componentes del medio, sino para los mismos grupos humanos (López, 1994).

Desde sus orígenes la sociedad ha hecho uso de los recursos que la naturaleza le ofrece, utilizándolos y transformándolos en su provecho. Dicho de otra forma: es un agente modificador del medio físico desde su misma aparición sobre la tierra (Cancer, 1999). Dichas modificaciones, han alterado, sobreexplotado y degradado los elementos ambientales, lo cual ha conllevado a que los seres humanos tengan que implementar acciones o iniciar procesos de mitigación para reducir algunos impactos ambientales. Como por ejemplo, procesos de tratamiento de las aguas para eliminar la carga contaminante previo al consumo humano, aplicación de abonos, bioingeniería o reforestación al suelo para su recuperación y posteriormente, sembrar y producir alimentos, etc.

En vista de lo anterior, los seres humanos deben hacer uso racional y manejo de los elementos ambientales del medio físico, de tal manera que se reduzca al máximo los conflictos ambientales, y el agotamiento de las materias primas. Así como la vulnerabilidad de la sociedad y el ambiente y por ende de los riesgos y desastres que limitan su propio desarrollo en pro de un desarrollo sustentable que le permita mantener en el tiempo un buen estado de los elementos ambientales.

Lo anterior, representa un desafío para la sociedad actual debido a las alteraciones en que se encuentran los elementos ambientales y requiere que esta, reconozca su responsabilidad en la preservación y manejo de los elementos ambientales. Los cuales son la base de su subsistencia. Así mismo, es necesario realizar estudios que permitan diseñar acciones que contribuyan a mitigar

los daños generados en el medio físico a través de la identificación de las potencialidades de los elementos ambientales y el ordenamiento de las actividades antrópicas.

El municipio de Santiago de Cali no es ajeno a la problemática ambiental mencionada anteriormente, según el Departamento Administrativo de Planeación Municipal y la Universidad del Valle (DAPM y UV, 2015), dicha problemática es producto del deterioro de la calidad del agua, aire, suelo y agotamiento de sus ecosistemas, limitando el goce de un ambiente saludable y por ende la calidad de vida de la población, por procesos antrópicos entre estos la ocupación inapropiada del suelo, la contaminación por actividades productivas, el crecimiento poblacional, el flujo vehicular, generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas residuales, entre otros.

Algo similar de lo planteado anteriormente ocurre en el Sector San Francisco de la comuna 20, razón por la cual fue seleccionado para determinar la vulnerabilidad ambiental. El estudio de este tipo de vulnerabilidad representará un avance en el conocimiento y entendimiento de la problemática ambiental asociada y podrá ser un insumo para que se continúen realizando investigaciones en otros sectores del municipio de Santiago de Cali, cuya planificación y crecimiento poblacional reflejan un fuerte impacto en los elementos ambientales, agravado por el desarrollo de diferentes actividades antrópicas, las cuales han modificado y alterado los elementos del medio físico.

Entender las diferentes alteraciones entre el medio físico y el social, ha impulsado la presente investigación como un fundamento esencial para estudiar la vulnerabilidad ambiental poniendo el medio físico como eje central. El cual permite el sustento de la vida y la supervivencia del medio social. Entonces no es racional que las actividades desarrolladas por los seres humanos deterioren su propio medio de vida y que la conclusión al final, sea prevenir era mejor, que atender el desencadenamiento de los riesgos.

1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las condiciones de fragilidad de los elementos ambientales debido a las actividades antrópicas presente en la zona de estudio?

¿Cómo los elementos ambientales de la zona se ven afectados por las actividades humanas?

¿Cuáles son las actividades antrópicas que se realizan en la zona de estudio?

1.5. ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

1.5.1. Descripción del área de estudio

El municipio de Santiago de Cali cuenta con una superficie total de 561.7 km², de los cuales, 119.2 km².corresponden a la zona urbana. La ciudad de Santiago de Cali cuenta con una temperatura de 25.5 °C, una precipitación anual (mm) de 752.0 y una humedad relativa media anual (%) de 66.6 (DAPM, 2016). Dentro de esta ciudad se encuentra ubicada el área de estudio, específicamente en la comuna 20.

La comuna 20 se encuentra en el occidente de la ciudad de Santiago de Cali, limita por el sur con el corregimiento La Buitrera, por el oriente, con la comuna 19 y por el norte y occidente con el corregimiento de los Andes, cubre el 2% del área total del municipio de Santiago de Cali con 243,9 hectáreas que, en términos comparativos, corresponde al 44,4% del área promedio por comuna de la capital. La conforman ocho (8) barrios y tres (3) urbanizaciones: El Cortijo, Tierra Blanca, Belisario Caicedo, Pueblo Joven, Siloé, Belén, Brisas de Mayo, Lleras Camargo, Cementerio Carabineros, Venezuela-Urbanización Cañaveralejo, La Sultana. Comparativamente, esta comuna tiene el 3,2% de los barrios de la ciudad (DAPM, 2008).

Esta comuna presenta problemas de erosión, deslizamiento y riesgo sísmico. Este último se debe a la zona de región interplacas (microplaca) relacionada con la interacción de las placas Nazca, la Suramericana y la Caribe. La formación geológica del Cerro Los Cristales donde se encuentra la comuna 20 corresponde a Rocas Volcánicas formadas en el Cretácico (DAMP, 1994).

Para llevar a cabo el estudio se seleccionó el sector San Francisco del barrio Siloé como se muestra en el gráfico 1. Según actores comunitarios este sector presenta problemas ambientales relacionados con una planificación inadecuada del territorio, construcción de viviendas sin normas sismorresistente, ausencia y deterioro del sistema de alcantarillado, débil cultura ciudadana, manejo inadecuado de residuos sólidos y de aguas residuales, lo cual altera el buen funcionamiento de los elementos ambientales.

Sumado a lo anterior, el sector presenta problemas sociales: escasos recursos económicos, inseguridad, expendios de sustancias psicoactivas, lo cual agudiza la problemática ambiental.

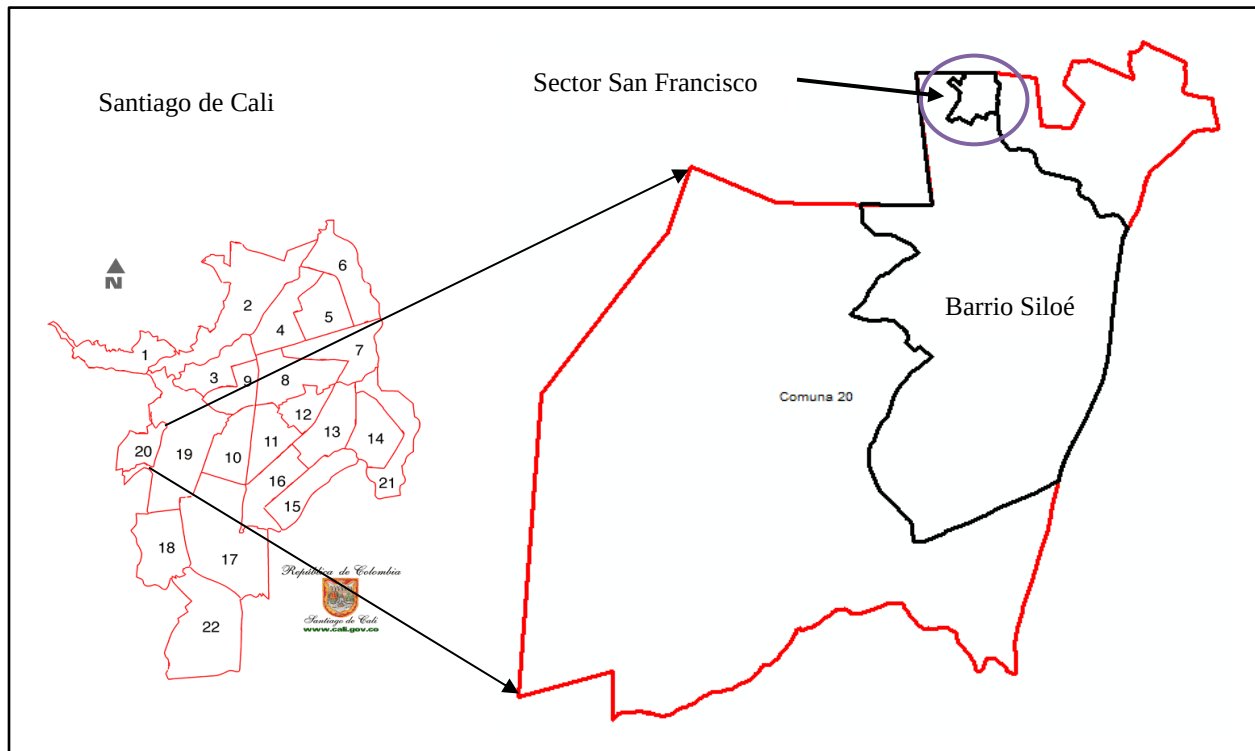


Gráfico 1. Localización de la zona de estudio, elaboración propia con información del Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Alcaldía de Santiago de Cali.

1.5.2. Estructura metodológica

En esta investigación se empleó la etnográfica como metodología cualitativa para conocer las posibles alteraciones causadas por las actividades antrópicas a los elementos ambientales a través de la observación y el uso de otros aspectos metodológicos que se describirán más adelante. A continuación, se explican los pasos para llevar a cabo el cumplimiento de cada objetivo específico:

Primer paso

1) Identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas presentes en la zona de estudio.

Corresponde a la recolección y análisis de información relacionada con el estudio en las diferentes entidades del municipio de Santiago de Cali entre ellos: Las Autoridades ambientales (el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente DAGMA, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC), el Departamento Administrativo de Planeación Municipal DAPM, la Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Emergencias y Desastres, Emcali, las bases de datos de las universidades, El Centro de Atención Local Integral (C.A.L.I) de la comuna 20, los organismo de socorro (Cruz Roja, los Bomberos, la Defensa Civil, etc) y todas aquellas entidades y fuentes de información que se consideren pertinente y que permitan aclarar el problema de investigación.

Posteriormente, en este primer paso se pretendía realizar una encuesta para conocer la percepción de la población sobre la vulnerabilidad ambiental e identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas. Sin embargo, no se pudo realizar la encuesta por aspectos de seguridad. Razón por la cual, se realizó una matriz para solventar esta dificultad y se realizaron recorridos de campo con los actores comunitarios de la Mesa Territorial de Mujeres de la Comuna 20, para identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas. Esta matriz se encuentra en el anexo 1. Para complementar la identificación de las actividades antrópicas se participó en talleres denominado “identificación de actividades económicas” liderado por la Subsecretaría de Territorios de Inclusión y Oportunidades TIOS.

Segundo paso

2) Determinar las posibles alteraciones o cambios que pueden sufrir los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas en la zona de estudio.

Este paso consistió en identificar las alteraciones y posibles daños de los elementos ambientales, por la exposición a las actividades antrópicas. Para esto se realizaron recorridos de campo y a través de la observación, entendida según Spradley, (1980) “cómo método para aprehender acciones humanas significativas” se registraron las posibles alteraciones de los elementos ambientales seleccionados para el estudio. La información identificada se registro en una matriz previamente diseñada, ver anexo 2.

Además, se realizó un análisis físico de tres variables del suelo. Para este, se tomaron en diferentes sitios tres muestras de suelo con tres repeticiones a las cuales se les determinó la textura, el diámetro medio ponderado y los límites de plasticidad para conocer si estas variables han sufrido modificaciones por la localización y/o realización de actividades antrópicas en la zona de estudio. De esta manera se compararon los resultados obtenidos con la literatura para identificar afectaciones. Los criterios que se tuvieron en cuenta para definir los sitios para la toma de muestras fue que su alrededor estuviera despejado de las construcciones, en este sentido se tomaron las muestras p1 y p2, en la zona de protección de la quebrada Isabel Pérez (zona de guadual que colinda con el sector San Francisco) y la muestra p3 en la parte alta cerca a la cancha de fútbol canastero a una profundidad entre 20 y 30 centrimetros. Solo se analizaron tres variables debido a la ausencia recursos para realizar el análisis con más detalle.

El tercer paso

3) **Estimar la exposición y la fragilidad de los elementos ambientales ante las actividades antrópicas.**

Para darle cumplimiento a este objetivo se realizó el cálculo individual de la exposición y la fragilidad y posteriormente, se realizó un cruce entre estos dos componentes y se estimó la vulnerabilidad ambiental.

Exposición:

Para conocer la exposición de los elementos ambientales (relieve, suelo y cobertura vegetal), se calculó el área de estos, expuesta a las actividades antrópicas que se realizan en el área de influencia de la zona de estudio. Esto se realizó a través de las salidas de campo y del software ArcGis 10.5 por medio de fotografías aéreas (2010), proporcionadas por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de la Alcaldía de Santiago de Cali. De acuerdo al resultado y al valor de la pendiente, se determinó la exposición en tres niveles, considerando como baja el elemento cuya exposición a la actividad antrópica este por debajo del 10% del área de estudio, media entre el 10 y el 35% y alta el elemento cuya exposición superé el 35% del área frente a la actividad antrópica, considerando que las zonas cuya pendiente sea mayor a 25% deben tener una restricción especial al desarrollo de actividades debido al riesgo de los movimientos en masa presente en la zona. Los rangos establecidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de exposición de los elementos ambientales usados en el presente estudio.

Clasificación de los niveles de exposición.	Área expuesta (%)
Baja	0 – 10
Media	10 – 35
Alta	35 - 100

Fuente: elaboración propia.

Fragilidad Ambiental:

Para determinar la fragilidad ambiental se utilizó el método directo de las Empresas Públicas de Medellín – EPM desarrollado en el año 1986 inicialmente para identificar y evaluar impactos

ambientales generados por proyectos de aprovechamiento hidráulico, posteriormente fue utilizado por diferentes tipos de proyectos (Arboleda, 2008), utilizando cinco (5) criterios y posteriormente, una calificación ambiental como se explica más adelante. El uso de este método implicó la evaluación de las alteraciones ambientales identificados en el objetivo 2,

- **Criterios establecidos en la metodología EPM:**

Clase (C): Este criterio define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto, el cual puede ser: **Positivo** (+, P) si mejora la condición ambiental analizada o **Negativo** (-, N) si la desmejora.

Presencia (P): En la mayoría de los impactos hay certeza absoluta de que se van a presentar, pero otros pocos tienen un nivel de incertidumbre que debe determinarse. Este criterio califica la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia, de la siguiente manera:

Cierta: si la probabilidad de que el impacto se presente es del 100% (se califica con 1.0)

Muy probable: si la probabilidad está entre 70 y 100 % (se califica entre 0.7 y 0.99)

Probable: si la probabilidad está entre 40 y 70 % (0.4 y 0.69)

Poco probable: si la probabilidad está entre 20 y 40 % (0.2 y 0.39)

Muy poco probable: si la probabilidad es menor a 20 % (0.01 y 0.19)

Duración (D): Con este criterio se evalúa el período de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado. Se debe evaluar en forma independiente de las posibilidades de reversibilidad o manejo que tenga el impacto. Se expresa en función del tiempo de **permanencia o tiempo de vida** del impacto, así:

Muy larga o permanente: si la duración del impacto es mayor a 10 años (se califica con 1.0)

Larga: si la duración es entre 7 y 10 años (0.7 – 0.99)

Media: si la duración es entre 4 y 7 años (0.4 y 0.69)

Corta: si la duración es entre 1 y 4 años (0.2 y 0.39)

Muy corta: si la duración es menor a 1 año (0.01 y 0.19)

Evolución (E): Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir la velocidad como éste se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. Dependiendo de la forma como evoluciona el impacto, se puede facilitar o no la forma de manejo. Se expresa en términos del **tiempo transcurrido** entre el inicio de las afectaciones hasta el momento en que el impacto alcanza sus mayores consecuencias sobre el factor considerado, así:

Muy rápida: cuando el impacto alcanza sus máximas consecuencias en un tiempo menor a 1 mes después de su inicio (se califica con 1.0)

Rápida: si este tiempo está entre 1 y 12 meses (0.7 – 0.99)

Media: si este tiempo está entre 12 y 18 meses (0.4 y 0.69)

Lenta: si este tiempo está entre 18 y 24 meses (0.2 y 0.39)

Muy lenta: si este tiempo es mayor a 24 meses (0.01 y 0.19)

Magnitud (M): Este criterio califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. Se expresa en términos del **porcentaje de afectación** o de modificación del factor (por este motivo también se denomina magnitud relativa) y puede ser:

Muy alta: si la afectación del factor es mayor al 80%, o sea que se destruye o cambia casi totalmente (se califica con 1.0)

Alta: si la afectación del factor está entre 60 y 80 %, o sea una modificación parcial del factor analizado (se puede calificar 0.7 – 0.99)

Media: si la afectación del factor está entre 40 y 60 %, o sea una afectación media del factor analizado (0.4 y 0.69)

Baja: si la afectación del factor está entre 20 y 40 %, o sea una afectación baja del factor analizado (0.2 y 0.39)

Muy baja: cuando se genera una afectación o modificación mínima del factor considerado, o sea menor al 20 % (0.01 y 0.19).

- **Calificación ambiental del impacto.**

La calificación ambiental (Ca) es la expresión de la acción conjugada de los criterios con los cuales se calificó el impacto ambiental y representa la gravedad o importancia de la afectación que este está causando. Para generar la calificación el método cuenta con una ecuación para **la calificación ambiental** que permite obtener y explicar las relaciones de dependencia que existen entre los cinco criterios indicados en el apartado anterior, con el siguiente resultado:

$$Ca = C (P[7.0 \times EM + 3.0 \times D])$$

Donde:

Ca= Calificación ambiental

C= Clase,

P= Presencia

E= Evolución

M= Magnitud

D= Duración

a = 7.0 y **b** = 3.0, son constantes de ponderación determinadas por medio de un análisis de sensibilidad para equilibrar la ecuación.

De acuerdo con las calificaciones asignadas individualmente a cada criterio, el valor absoluto de **Ca** será mayor que cero y menor o igual que 10. El valor numérico que arroja la ecuación se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto asignándole unos rangos de calificación de acuerdo con los resultados numéricos obtenidos (tabla 2), de la siguiente manera:

Tabla 2. Importancia del impacto ambiental de acuerdo al método de las Empresas Públicas de Medellín.

Calificación ambiental (puntos)	Importancia del impacto ambiental
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante.
$>2.5 \text{ y } \leq 5.0$	Moderadamente significativo.
$> 5.0 \text{ y } \leq 7.5$	Significativo o relevante.
> 7.5	Muy significativo o grave.

Fuente: Arboleda, 2008.

Tomando como base lo anterior, se hizo una agrupación de la calificación ambiental para determinar la fragilidad ambiental en tres niveles de afectación. Es decir, que se tomó la importancia irrelevante y la moderada y se unieron en un solo nivel de afectación en “irrelevante o moderada”. De acuerdo a esta modificación los niveles de afectación para la fragilidad ambiental corresponden a los presentados en la tabla 3:

Tabla 3. Niveles de afectación de la fragilidad ambiental.

Calificación ambiental (puntos)	Importancia del impacto ambiental	Niveles de afectación de la fragilidad ambiental
≤ 5.0	Irrelevante o moderado.	Bajo
> 5.0 y ≤ 7.5	Significativo o relevante.	Media
> 7.5	Muy significativo o grave.	Alta

Fuente: adaptado de la metodología método de las Empresas Públicas de Medellín.

Para estimar la vulnerabilidad ambiental se le asignó un valor a cada nivel de exposición y fragilidad ambiental, entre 1 y 3, así: Bajo 1, Medio 2 y Alto 3. Con estos valores se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación 1. } V_A = (E \cdot E \cdot FA \cdot E) / (C_P \text{ o } C_I)$$

Donde:

V_A : Vulnerabilidad ambiental.

$E \cdot E$: Exposición del elemento ambiental.

$FA \cdot E$: Fragilidad ambiental del elemento ambiental expuesto a la actividad antrópica.

C_P : Capacidades propias o resistencia ambiental.

C_I : Capacidades instaladas.

Una vez aplicada la ecuación también se establecieron niveles para determinar la vulnerabilidad ambiental como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de los niveles de Vulnerabilidad ambiental.

Niveles de vulnerabilidad ambiental	Valor asignado
Baja	≤ 3
Media	>3 y <6
Alta	>6

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 2 se presenta el esquema del procedimiento metodológico usado para el desarrollo del presente trabajo.

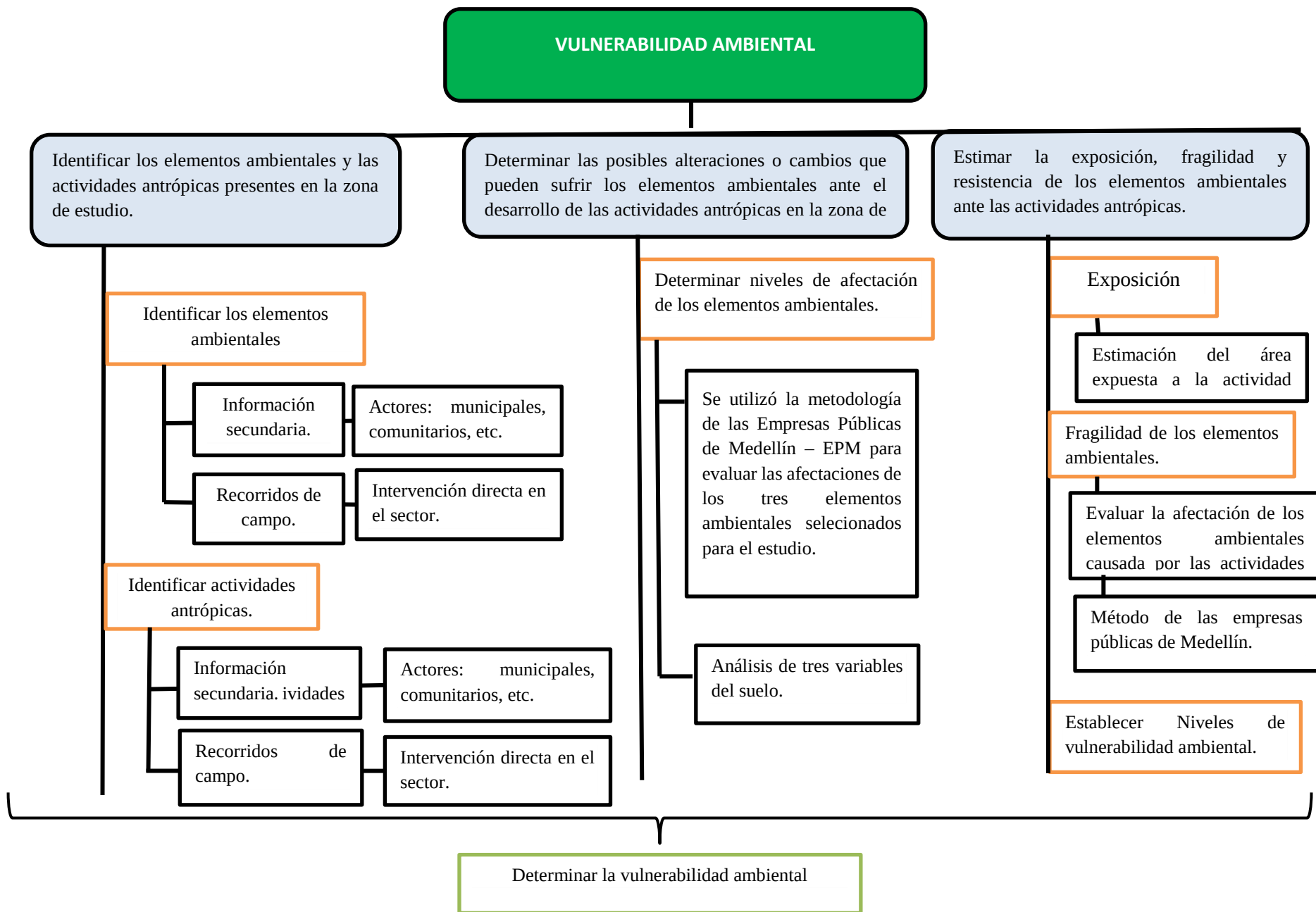


Gráfico 2. Procedimiento metodológico usado para el desarrollo del presente trabajo (elaboración propia).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2. 1. MARCO TEÓRICO

La vulnerabilidad ambiental emerge de la interacción del medio físico y el medio social. Para los efectos de esta investigación, se toma como medio físico aquel que está constituido por el recurso: suelo, agua, aire, el relieve y el medio biótico (fauna y flora), así como los tipos de alteraciones que los afectan. Como medio social, se refiere a aquellas actividades que son realizadas por los seres humanos en el medio físico que le facilitan su vida y que generan diferentes impactos.

Los problemas de degradación del medio físico no han surgido repentinamente, sino que se han ido gestando a lo largo de la historia reciente, especialmente a partir de la revolución industrial del siglo XIX, pero han experimentado un auge espectacular en las últimas décadas a raíz del despegue tecnológico experimentado en todos los órdenes de las actividades humanas, que ha tendido unas consecuencias de suma gravedad en algunos campos y que todavía son desconocidos en otros (López, 1994, p.10)

Este capítulo comprende los conceptos que permiten establecer la relación entre el medio físico y el social y por supuesto de la vulnerabilidad ambiental como objeto de estudio y producto de la relación entre ambos medios. Dentro de estos conceptos está: ambiente, amenaza, desarrollo sustentable, gestión integral del riesgo, riesgo y riesgo ambiental, territorio y vulnerabilidad.

2.1.1. Ambiente

El concepto de ambiente, se ha usado indistintamente, para muchos continúa siendo complejo de definir y esto, quizás es el resultado de la forma como se ha impartido el aprendizaje del tema y de la educación ambiental. Algunos no le dan la importancia que amerita, otros se atreven y lo definen como “todo lo que nos rodea”, a lo que alguien podría preguntar y que es “todo lo que nos rodea”, y algún valiente le llevaría horas, días, meses, años (...) mencionando todo lo que nos rodea. Prueba del uso inadecuado del concepto de ambiente, lo arrojó el estudio de Correia (2014), denominado

concepciones de futuras profesoras de enseñanza básica sobre el medio ambiente, la educación ambiental y las estrategias didácticas en educación ambiental. Donde se sometieron treinta y dos (32) futuros docentes para resolver algunas preguntas, entre ellas ambiente y el resultado fue que el 100% de los docentes tenía una definición antropocéntrica del concepto y donde ninguno de los participantes, involucró una definición acertada de la palabra ambiente.

Según González (1999), el ambiente “estaría constituido por el medio físico, entendido como el conjunto de componentes que existen naturalmente en el mundo, tales como los minerales, los océanos, la atmósfera, las plantas y todos los animales –la especie humana incluida y, por el medio humano, es decir el conjunto de componentes creados por la especie humana empleando sus culturas y tecnologías, tales como las ciudades, los campos de cultivo y las comunicaciones. El medio también puede entenderse como aquel elemento en el que habita o se desenvuelve un ser vivo, por ejemplo, el medio en el que viven los peces es el acuoso, ya sea dulce o salado.

Noguera (2011), plantea en el artículo, las potencias del olvido en el habitar ambiental, dedicado a Carlos Augusto Ángel Maya, Maestro del Pensamiento Ambiental, el “Olvido del concepto de ambiente como recurso” para recuperar, re-pasar, re-memorar el concepto-Fotografía de ambiente como lo que emerge de la relación ecosistema-cultura, propuesta de interpretación ambiental construida por Augusto Ángel y olvidada.

Citado por Cifuentes (2008), El Consejo de la Lengua Francesa define el concepto de ambiente como: “el conjunto, en un momento dado, de los agentes físicos, químicos, biológicos y de los factores sociales susceptibles de causar un efecto directo o indirecto, inmediato o a plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”.

En esta investigación el concepto de ambiente, es aquel que está conformado por un medio físico (elementos ambientales) y las transformaciones que la sociedad ha incluido a través de sus actividades antrópicas. De acuerdo a las transformaciones que realiza la sociedad, el ambiente se encuentra en un estado dinámico que varía dependiendo del objeto de estudio, de las relaciones y el lugar sobre el cual ocurran. El ambiente está conformado por las relaciones que se crean entre dos aspectos, uno (medio) físico y otro (un medio) social.

2.1.2. Amenaza

La amenaza es definida como la ocurrencia de un evento, fenómeno, proceso o suceso que, al manifestarse en un lugar específico, con una duración e intensidad puede causar daño o efecto negativo sobre un elemento expuesto. Bajo estas características, significa que al desarrollarse la amenaza podría causar daño a una persona o población u objeto (Seminario énfasis gestión integral del riesgo Maestría en Desarrollo Sustentable Universidad del Valle, 2016).

Para el presente estudio se considera que las amenazas del área de estudio están directamente relacionadas con el tipo de actividades que desarrollan las personas que la habitan que pueden desencadenar daño o afectación en los elementos ambientales y que a su vez puede afectar a la misma población de la zona o a la población externa.

2.1.3. Desarrollo sustentable

Como desarrollo sustentable se propone la relación de equidad en el uso y manejo de los elementos ambientales que ofrece un territorio por parte de la sociedad, de tal forma que no se creen conflictos ambientales, agotamiento de las materias primas, aumento de la vulnerabilidad de la sociedad y del ambiente, ni mucho menos, de riesgos y desastres que limitan el desarrollo. Donde la sociedad reconozca y asuma su responsabilidad en la preservación, manejo y disponibilidad de los elementos ambientales como soporte de la vida que le permiten subsistir, para hacer la transición del desarrollo con enfoque de crecimiento económico que no tenía presente las afectaciones y el deterioro ambiental, al desarrollo que incluye dentro de su esquema de gestión el reconocimiento de las potencialidades de los elementos ambientales y con base en esto, ordena la realización de las actividades antrópicas de manera que la afectación que puedan sufrir los elementos ambientales sea nula o mínima.

2.1.4. Gestión integral del riesgo

Según la Ley 1523 de 2012 en su artículo 1, establece que la *Gestión del Riesgo de desastres* es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. (p.1)

Sin embargo, antes de hablar de la gestión de desastres, se debe hablar de la gestión integral del riesgo, que va mucho más allá, e incluye el estudio de los componentes (amenaza y vulnerabilidad) del riesgo con miras a la prevención de los desastres, de manera que se apunte al desarrollo sustentable, en el cual el elemento central es la interacción entre el medio físico y el medio social. Comprender e interpretar las posibles alteraciones de ambos medios permitirá una gestión integral del riesgo que sea coherente con las dinámicas económicas, políticas, sociales, ambientales y culturales de la población local del área de estudio.

Lo anterior, es complejo debido a los diversos intereses particulares frente los beneficios colectivos. No obstante, es trascendental bajo las condiciones (de crisis: ambiental, económica, política, social y cultural), de la sociedad actual trabajar desde valores éticos, con visión sistémica de la relación entre el medio físico y el social donde se transite del ser individualista a los beneficios de la sociedad que comparte, entiende y aplica la gestión integral del riesgo en el ambiente que habita como acciones o estrategias en la prevención de los desastres que limitan su propio desarrollo.

Si bien la Ley 1523 del 2012 en su artículo 2, establece la gestión del riesgo como responsabilidad de todos (sector público, privado y comunidad), es importante que el Estado a través de los diferentes organismos que lideran la gestión del riesgo, oriente dicho proceso y mantenga comunicación directa al menos con las organizaciones comunitarias de base para poder llegar a la mayoría de la población, para comunicar la gestión integral del riesgo en sus tres (3) componentes: conocimiento, reducción y manejo de los riesgos a los cuales pueden estar expuesta la población.

De igual forma, articular el conocimiento de la población como una estrategia local para la prevención de posibles desastres y reducir la vulnerabilidad ante los mismos.

2.1.5. Territorio

Según Sosa (2012) el territorio es una construcción social, histórica y cultural, producto de la apropiación de poderes y relaciones sobre sus múltiples contenidos y energías, lo cual se plasma en una representación espacial delimitada, al mismo tiempo que dinámica y móvil, historizada desde el conocimiento o desde la interpretación mítica, con escalas (familiar, comunitaria, municipal, regional) y niveles (como el inframundo, el mundo y el supramundo). Es decir, que el territorio está compuesto por varias dimensiones: una social, una económica, una política y una cultural, que en su conjunto forman, transforman y construyen el territorio.

De acuerdo con Vargas (2012), para los geógrafos franceses, el territorio comprende el espacio geográfico; donde el territorio es vivido no solamente en el espacio, sino como un sistema dentro del cual las personas evolucionan, viven e influyen en el territorio y este influye en la sociedad; el territorio no es un derivado del espacio, es un espacio organizado, ordenado, producto de las interrelaciones entre los actores y es un ingrediente indispensable en la visibilidad, legibilidad y por tanto, en la comprensión de las cosas.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, el territorio, es una construcción social y dinámica, conformado por factores económicos, históricos, políticos y culturales y gobernado por fuerzas de poderes de los mismos actores que los habitan o actores externos que luchan por el mismo.

2.1.6. Riesgo y riesgo ambiental

El riesgo, concebido como la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad, es definido como las posibles pérdidas o daños que se puede causar en un (os) elemento (s) que con cierto grado de fragilidad se encuentra (n) expuestos ante un fenómeno, evento o proceso peligroso. El riesgo

ambiental, se define como el daño y las pérdidas anticipadas que se pueden generar en los elementos del ambiente a causa de las actividades antrópicas.

2.1.7. Vulnerabilidad

Según Blaikie, Cannon, David y Wisner (1996), la vulnerabilidad es considerada como aquellas características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Lo cual, implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad. (p.14). Obsérvese que esta definición toma la vulnerabilidad como una categoría atribuida solamente a los seres humanos o la sociedad, y no considera la vulnerabilidad de otros elementos, entre ellos los ambientales.

Para Alberto Juan (2009), la vulnerabilidad es la capacidad intrínseca de cualquier componente del espacio geográfico a ser afectado por una amenaza, aunque el deterioro no ocurrirá si no existe vulnerabilidad. Esta depende del grado de exposición, de la protección, de la reacción inmediata, de la recuperación básica y de la reconstrucción de las partes implicadas en el suceso adverso que produjo el desequilibrio. (p.121).

Contrario a Blaikie et al (1996), para Alberto Juan (2009) la vulnerabilidad no es una categoría que afecta solamente a los seres humanos, sino que se atribuye a cualquier elemento (vivo o inerte), existente en el medio geográfico y expuesto a cualquier fenómeno, suceso o proceso amenazante.

Otro autor destacado es Wilches (1993), quien planteó la vulnerabilidad como la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, es decir su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio. Este tipo de vulnerabilidad surge como consecuencia de la interacción de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. A esto, Wilches denominó vulnerabilidad global conformada por diez (10) tipos de vulnerabilidades así: social, económica, política, cultural,

educativa, ecológica, natural, física, técnica e ideológica, las cuales están estrechamente interconectadas. (p.22)

De lo anterior, se analiza que la vulnerabilidad ambiental no está dentro de la tipología trabajada por Wilches. Otros autores la mencionan, pero aún existe ambigüedad tanto en la parte conceptual como en las metodologías para su estimación. Es decir, existe una brecha de conocimiento de la vulnerabilidad ambiental como objeto de estudio. Este concepto se amplía en el capítulo III.

2.2. ESTADO DEL ARTE

En este ítem, se describen estudios relacionados con la vulnerabilidad ambiental en tres (3) niveles: internacional, nacional y municipal.

2.2.1. Nivel Internacional

Argentina

En el estudio sobre Vulnerabilidad Ambiental en Cuencas Hidrográficas Serranas del río Sauce Grande, situada en el sudoeste bonaerense, Argentina mediante Sistemas de Información Geográfico-SIG, realizado por Gaspari, Rodríguez, Delgado, Senisterra, Denegri (2011), cuyo objetivo fue zonificar dicha vulnerabilidad, utilizando factores condicionantes predeterminados en la cuenca, entre ellos la posición, pendiente del terreno, textura del suelo, cobertura vegetal, uso del suelo y la densidad de drenaje. También emplearon activadores entre ellos, la erosividad de la precipitación para correlacionarlos con los factores. En esta investigación los autores plantearon dos (2) aspectos importantes:

El primero, se enfoca en que la degradación de los suelos se acentúa en presencia de riesgos ambientales, que se consideran producto de la conjunción de un fenómeno natural extremo y acciones antrópicas, relacionados dentro de un espacio y tiempo determinado y el segundo, hace referencia a la combinación de factores antrópicos y ambientales, en conjunción con las características morfométricas de la cuenca hidrográfica (el relieve, la red de drenaje y la forma), pueden generar vulnerabilidad en el ambiente. (Gaspari *et al.* (2011, p.4 y 5)

De los dos aspectos mencionados anteriormente, se resalta el uso de factores, que aunque no son los mismos que se utilizarán para estudiar la vulnerabilidad ambiental en el Sector San Francisco, la metodología utilizada es útil para el estudio de los elementos ambientales tomando como base la disponibilidad de los datos o la toma y análisis de información, para determinar la vulnerabilidad ambiental.

Alberto Juan (2005) afirma que una de las necesidades más urgentes de los habitantes urbanos, es un ambiente bien planificado, limpio, sano y seguro en el cual criar sus hijos y cimentar sus sueños. Expresa que las ciudades administradas y planificadas correctamente pueden soportar concentraciones cada vez más considerables de personas, limitando su impacto en el ambiente y mejorando sus niveles de salud y de vida. De lo contrario, el crecimiento urbano acelerado y desordenado genera un fuerte impacto espacial y, en la mayoría de los casos, severos y numerosos problemas ambientales como la contaminación del aire, el agua y el suelo, la disminución del suelo subyacente por cementación y edificación, así como también la pérdida de ambientes naturales y los seres vivos que lo habitaban.

China

Wang et al. (2008), propusieron un método considerando múltiples factores para evaluar la vulnerabilidad ambiental regional, utilizando la teledetección (RS), los sistemas de información geográfica (SIG) y el proceso de jerarquía analítica (AHP), para integrar información de quince (15) factores que abarcan las condiciones naturales, las cuestiones ambientales y las actividades humanas para estimar un índice de vulnerabilidad ambiental (EVI), especificando que independientemente de los métodos utilizados, todas las estimaciones regionales de vulnerabilidad tienen principios básicos similares, aunque el marco de evaluación, la selección de factores y sus pesos pueden variar de una región a otra debido a condiciones locales.

El método utilizado, permitió establecer la vulnerabilidad ambiental en la meseta tibetana y obtuvieron una zonificación de la misma con un nivel alto del 30%, un nivel moderado del 27% vulnerable, se evidenció que a mayor elevación mayor era la vulnerabilidad ambiental, lo que podría reflejar las duras condiciones ambientales en las elevaciones más altas. El estudio de caso verificó la utilidad y viabilidad de los métodos desarrollados, ya que los resultados obtenidos reflejan de cerca la realidad del entorno tibetano. Sin embargo, aclararon que el método necesita mejoras adicionales para reducir la subjetividad de los juicios y sugirieron que el uso posterior en otras regiones debe prestar atención a qué factores parecen ser importantes para determinar la vulnerabilidad ambiental local, y cómo es el impacto de cada factor en el entorno complejo. La exactitud y fiabilidad de los resultados de la evaluación depende de una multitud de factores, incluyendo la calidad de la base de datos, el peso de los factores, el método de ponderación

aplicado, el análisis de los SIG y el procesamiento de los datos RS según Dai (como se citó en Wang et al, 2008).

El estudio plantea que, a pesar de la existencia de varias metodologías para estudiar y analizar las distintas problemáticas ambientales, su efectividad radica en la combinación de las mismas para acercarse al objetivo que se pretenda resolver. Su efectividad también va a depender del tipo de variable, la calidad y disponibilidad de la información en su defecto del tiempo y los recursos para la medición de variables y el análisis correspondiente. Para estimar la vulnerabilidad ambiental parte de la base que está fuertemente relacionada con factores socioeconómicos locales, ya que las actividades humanas pueden influir en gran medida en la evolución de numerosas características ambientales de acuerdo con Basso (como se citó en Wang et al, 2008). Por lo tanto, la densidad de población, la construcción del tráfico, los pastos y los trastornos del cultivo se seleccionan para evaluar los impactos de las actividades humanas.

Para Zou y Yoshino (2017), en el estudio “Evaluación de la vulnerabilidad ambiental utilizando un enfoque de componentes principales espaciales en la región de Daxing'anling, ChinaTaohong”, encontraron que está es función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa, y como un efecto colectivo de estos tres aspectos de un sistema. De tal manera que, la exposición y la sensibilidad tienen una relación positiva con la vulnerabilidad ambiental. A diferencia, la capacidad de adaptación de un sistema que está correlacionada negativamente; Por lo tanto, una mayor capacidad adaptativa corresponde a una menor vulnerabilidad. Sin embargo, en este estudio los científicos encontraron que la vulnerabilidad ambiental es difícil de cuantificar porque la naturaleza cualitativa de los indicadores dificulta el desarrollo de mediciones precisas y objetivas.

Costa Rica

En el año 2006 el Gobierno de Costa Rica a través del Ministerio de Ambiente y Energía por medio del Decreto 32967 introdujeron la variable ambiental en los planes de ordenamiento territorial pasando de este, al *Ordenamiento Ambiental del Territorio-OAT* y en general, a la planificación de usos de suelos. Este Decreto es de carácter obligatorio tanto para el sector público como para el privado que tengan proyectos ejecutados o que se vayan a ejecutar.

El OAT, para los costarricenses es definido como el inventario, diagnóstico y definición de las condiciones naturales del ambiente de un espacio geográfico dado, con el fin de establecer las limitantes de uso y sus condiciones de aptitud para el desarrollo de determinadas actividades humanas. En términos prácticos, significa analizar todo el conjunto de variables que conforman un ambiente dado y definir en función de su análisis integral, una distribución o división de ese espacio geográfico en pro de las aptitudes naturales del mismo y de sus limitantes al desarrollo de actividades, obras o proyectos. La finalidad del Estado de Costa Rica es "lograr la armonía entre el mayor bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del ambiente".

En la tabla 5, se describen las variables que se tienen en cuenta para la estimación del índice de fragilidad ambiental en Costa Rica.

Tabla 5. Variables para la estimación del Índice de Fragilidad Ambiental-IFA en Costa Rica.

Ejes de información ambiental	Definición	Variables para elaborar el mapa de IFA
Antropoaptitud	Condición que presenta un espacio geográfico en razón de los diferentes tipos de uso del suelo que de él hacen los seres humanos, considerando variables tales como uso urbano, uso agrícola, uso forestal y de conservación. Toma en cuenta aspectos de uso histórico cultural, relacionado con información de patrimonio cultural y científico, uso actual y tendencias de desarrollo humano son proyecciones temporales no mayores de cinco años.	Categoría de paisaje, área de desarrollo urbano, infraestructura vial, área de administración de espacio según la ley, mapa de usos de suelo (residencial, comercial, industrial, uso mixto, agrícola, agroindustrial, etc), uso especial (relleno sanitario, acueductos, energía, etc), sitios de interés cultural, área de uso futuro, entre otras.
Bioaptitud	Condición natural que tiene un espacio geográfico desde el punto de vista biológico, en particular, considerando la naturaleza y características de la cobertura vegetal que pueda estar presente, como base biotópica de soporte de un ecosistema dado, considerando variables tales como zonación y conectividad biológica de los ecosistemas.	Tipo de cobertura o uso de suelo, área protegida establecida por ley, área potencial como corredor biológico, cuerpos de agua, área sujeta a pago por servicios ambientales, zonas de vulnerabilidad en cuerpos de agua, entre otras.

Ejes de información ambiental	Definición	Variables para elaborar el mapa de IFA
Edafoaptitud	Condición de aptitud natural que tiene un terreno dado, respecto a las condiciones de la capa de suelo que lo recubre, tomando en cuenta aspectos como tipo de suelo, potencial agrícola del mismo y su capacidad de uso del suelo en función de su aptitud forestal.	Tipo de suelo presente en el espacio geográfico, capacidad de uso (agrícola) o de uso potencial de la tierra.
Geoaptitud	Condición de estabilidad natural de los espacios geográficos, tanto desde el punto de vista de sus condiciones de subsuelo, como de los procesos geodinámicas activos que pueden alterar esa estabilidad, sobretodo en espacios geográficos geológicos relativamente jóvenes y dinámicos,	<i>Factor Litopetrofísico</i> (dureza, consistencia, intensidad meteorización, espesor de la capa de suelos, contenido de arcilla, porosidad, permeabilidad, etc), <i>factor geodinámico externo</i> (pendiente, relieve, densidad, de drenaje, erosión activa, sedimentación activa, etc), <i>factor hidrogeológico</i> (Densidad de drenaje de la zona para corrientes de agua superficial de tipo permanente, Índice del perfil hidrogeológico, Potencial de infiltración en el terreno, localización de manantiales y pozos de extracción de aguas subterráneas, precipitación promedio anual que recibe las unidades geográficas, etc), <i>factor de estabilidad de ladera</i> (se toma como base el resultado de los mapas de las variables anteriores, para pendientes mayores al 15% se debe considerar el grado de inestabilidad si existe y las áreas bajas adyacentes a dicha ladera. Se debe integrar dentro del proceso de análisis, variables como: Espesor de suelos y formaciones superficiales, condiciones de precipitación promedio mensual de los tres meses más lluviosos, etc).

Fuente: Elaboración propia con información del Decreto 32967 de 2006.

El uso de las variables por cada eje ambiental está sujeto a la validación y disponibilidad de la información requerida. Con esta información se asigna una valoración (muy alta, alta, moderada,

baja, muy baja), posteriormente, se realiza una relación matricial entre variables y por último, se elabora el mapa por cada eje realizando la integración de mapas.

Se trata de un método de tipo restrictivo, que aplica la premisa ambiental del desarrollo sostenible, para orientar a los usuarios del método y a los ciudadanos en general, la forma más equilibrada de insertar las actividades humanas en los espacios geográficos, bajo consideraciones técnicas de capacidad de carga y de propuesta de soluciones tecnológicas apropiadas para propender por el equilibrio ambiental. Lo rescatado de Costa Rica es la especificidad con la cual estudian la variable ambiental para plasmarlo en el ordenamiento territorial.

México

Según Oswald et al. (2014) plantearon la doble vulnerabilidad donde incluyeron la ambiental y la social, indicando que **la vulnerabilidad social** es la fragilidad de comunidades, grupos sociales y familias que, por altos niveles de marginalidad, desempleo, jóvenes sin trabajo, hambre, discriminación, inseguridad, falta de entrenamiento no resisten ante desastres y la **vulnerabilidad ambiental** como las condiciones físicas peligrosas (lechos de ríos, deslizamiento de taludes), variabilidad climática, pérdida de servicios ecosistémicos, deterioro ambiental, falta y contaminación del agua y suelos erosionados.

Del texto anterior, se evidencia desde el concepto de la vulnerabilidad ambiental que no se integra el impacto de las actividades humanas sobre los elementos que hacen parte del ambiente. De hecho, en el concepto de vulnerabilidad social también se excluye el impacto, dado que la definición de vulnerabilidad social la asocian al sufrimiento de los actores sociales más, no en que ese sufrimiento se debe a sus mismas acciones.

2.2.2 Nivel Nacional

Para el caso nacional, existe un estudio de indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones, en el cual se analizan lineamientos y las principales características (incluidas ventajas y desventaja) de los modelos internacionales propuestos por la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OCDE) y las Naciones Unidas (UN), para estructurar información, de tal manera que permita la gestión, el desempeño ambiental y la toma de decisiones (Polanco, 2006).

A lo largo de su historia la OCDE (como se citó en Polanco, 2006), ha promovido que la información para el análisis de indicadores ambientales pueda ser utilizados en tres escalas: internacional, nacional y local para facilitar la toma de decisiones e intervenir las diferentes problemáticas asociadas. En este sentido, sus esfuerzos han estado orientados a disminuir la gran cantidad de información científica del ambiente a un número manejable de parámetros, de tal forma, que la información utilizada sea la pertinente; desarrollar una misma estructura conceptual y promover el intercambio de experiencias significativas entre los países. Todo esto, procurando que sus países miembros, trabajen para desarrollar un conjunto base de indicadores ambientales fiables, medibles y con relevancia política, con su respectiva verificación, seguimiento, evaluación y acciones correctivas que permitan hacer comparaciones internacionales efectivas a favor de la construcción del desarrollo sostenible.

Sin embargo, dada la connotación del concepto ambiente, donde este tiene sus propias características y responde a dinámicas diferentes, no es apropiado el uso de indicadores generales para su estudio. Por lo cual, se descartan los indicadores de la OCDE para el estudio de vulnerabilidad, a pesar de su utilidad en algunos modelos utilizados por la OCDE, entre ellos el modelo Presión Estado Respuesta (PER), el cual fue adoptado y difundido por la OCDE, donde las actividades humanas ejercen de una manera directa e indirecta (presiones) sobre el ambiente, afectando su calidad y cantidad de recursos naturales (estado). La sociedad responde a estas presiones adoptando políticas ambientales, económicas y sectoriales, tomando conciencia de las acciones llevadas a cabo (respuesta). Aunque conceptualmente este modelo indica la relación directa entre los impactos ambientales y las actividades humanas, las variables utilizadas son muy generales para el caso de estudio.

2.2.3 Nivel Municipal

En cuanto a estudios locales realizados existen dos investigaciones al respecto:

La primera, es la tesis sobre Sistema de Riesgo, una Propuesta Metodológica para el Estudio de los Desastres: Caso Comuna 1 y 20 de Santiago de Cali. La cual consistió en la elaboración de una metodología base para la interpretación de los riesgos, que permitiera evidenciarlos como sistemas complejos y correlacionados, implementándola en el estudio de los desastres en las dos comunas mencionadas (Vallejo y Vélez, 2001). Esta tesis aportó conocimientos sobre los riesgos desde la perspectiva de sistemas complejos, determinó los grados de asociación entre las dinámicas físicas y culturales existentes en el área de estudio que propician situaciones de riesgo en el municipio de Santiago de Cali.

Lo anterior, se emplea como un antecedente para analizar las actividades antrópicas y su posible influencia en el estado de los elementos ambientales para el estudio de la vulnerabilidad y poder determinar si los comportamientos culturales influyen ya sea de manera positiva o negativamente en dichos elementos.

La segunda investigación, consistió en la Reducción de la Vulnerabilidad Social: Una Propuesta de Acción para la Gestión Local del Riesgo. Caso Comuna 20 de Santiago de Cali (Vélez, 2009). Esta es una propuesta de acción para la gestión local del riesgo encaminada a la reducción de la vulnerabilidad social, en un ambiente de debate permanente.

Estas dos investigaciones aportan elementos conceptuales y metodológicos para el estudio de la vulnerabilidad ambiental propuesto.

Un aspecto importante de la segunda investigación, es la percepción de los actores comunitarios e institucionales para abordar las distintas problemáticas que los afectan y sus posibles soluciones. Como una estrategia de empoderamiento donde los afectados gestionen las soluciones a sus problemas y pasar de la gestión del gobierno, a la gestión comunitaria, tal como lo plantea Lavell (1994), a continuación.

Una premisa básica para lograr avances y cambios en la reducción de la vulnerabilidad a desastres, descansa en la necesidad de pasar de una orientación investigativa que

supuestamente informa a los gobiernos hacia otra que crea conciencia y que busca incrementar el poder de las comunidades y de la población, aumentando su base cognoscitiva y su capacidad para actuar en forma autónoma, o presionar por cambios en el nivel gubernamental (nacional o local). (Lavell, 1994, p.55).

En la investigación realizada por Vélez (2009), se identificaron aspectos en el territorio de la comuna 20 que requerían de intervención inmediata para reducir su impacto, relacionados con el manejo de residuos sólidos y manejo inadecuado de escombros. Ambos tipos de residuos dispuestos y/o acumulados en el espacio público y en las quebradas, lo cual puede incidir de manera drástica en el taponamiento de cauces y generar represamientos que se expresen en pérdidas graves de vidas y activos de la población. (97).

Lo planteado anteriormente por el autor, expone una de las problemáticas y actividades antrópicas que influyen en el deterioro de los elementos ambientales, por prácticas inadecuadas, en este caso de residuos sólidos domiciliarios y residuos de construcción y demolición (escombros), en la zona de estudio.

Tanto la investigación de Vallejo y Vélez, (2001), como la de Vélez (2009), suman elementos claves para el estudio de la gestión integral del riesgo y por ende, para el estudio de la vulnerabilidad ambiental en el sector San Francisco de la Comuna 20. Dado que ambas tesis, contienen antecedentes sobre actividades antrópicas que no se han desarrollado de manera adecuada y que posiblemente han influido en la ocurrencia de deslizamiento o eventos de remoción en masa.

Otros estudios y documentos relevante son los siguientes:

El Diagnostico Socioeconómico del Municipio de Santiago de Cali, realizado por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal y la Universidad del Valle (DAPM y UV, 2015). Estudio en el cual, encontraron que la problemática ambiental en la comuna 20, está representada en el deterioro de la calidad del agua, el aire, el suelo y el agotamiento de sus ecosistemas, lo cual limita el goce de un ambiente saludable y por ende de la calidad de vida de la población, especialmente de los sectores vulnerables, por procesos antrópicos entre estos, la ocupación inapropiada del suelo, la contaminación por actividades productivas, el crecimiento

poblacional, el modelo consumista de los hogares y la ineficacia de las autoridades en la gestión, el control ambiental y la puesta en marcha de un modelo de ciudad sustentable ambientalmente.

El libro espacio y poblamiento en la ladera suroccidental de Cali: Sector Siloé, décadas 1910-2010 de Ruiz (2016), revisó históricamente la conformación del barrio Siloé a raíz de la explotación de minas de carbón y posteriormente, la conformación de la comuna 20. Una de las zonas que ha sufrido la mayor afectación ambiental por procesos de minería de carbón, construcción de vivienda sin medidas de control, entre otras, se planteó estudiar la fragilidad que tienen los elementos ambientales expuestos ante las actividades antrópicas desarrolladas en el área de estudio, como un aporte a la gestión del riesgo por medio de la determinación de la vulnerabilidad ambiental.

De la revisión del estado del arte de la vulnerabilidad ambiental, se evidenció que para algunos autores como Gaspari et al. (2011) y Wang et al. (2008) en la vulnerabilidad ambiental influyen las actividades antrópicas, se requiere el establecimiento de variables ambientales y la integración de varias metodologías para su estimación. Sin embargo, para el autor Oswald et al. (2014) la vulnerabilidad ambiental es definida como las condiciones físicas peligrosas (lechos de ríos, deslizamiento de taludes), variabilidad climática, pérdida de servicios ecosistémicos, deterioro ambiental, falta y contaminación del agua y suelos erosionados. Concepto en el que no se incluye el impacto de las actividades humanas sobre los elementos que hacen parte del ambiente. Para Zou y Yoshino (2017), la vulnerabilidad ambiental es definida como una función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa, y como un efecto colectivo de estos tres aspectos en un sistema. En términos generales, aún no existe un consenso sobre la conceptualización de la vulnerabilidad ambiental, sus componentes y de metodologías para su estimación.

CAPITULO III. VULNERABILIDAD AMBIENTAL

3. 1. VULNERABILIDAD AMBIENTAL

Para poder sentar una posición frente a la vulnerabilidad ambiental se realizó una revisión sobre las definiciones más comunes al respecto, como se relaciona en la tabla 6.

Tabla 6. Conceptos sobre vulnerabilidad ambiental existentes en la literatura.

AUTOR	VULNERABILIDAD AMBIENTAL
Williams & Kapustka (como se citó en Jordão, & Moretto, 2015).	La vulnerabilidad ambiental puede interpretarse como el potencial del sistema para modular sus respuestas hacia factores de inducción de estrés, con el tiempo y el espacio, de acuerdo con sus características ecosistémicas.
Gaspari, et al (2011).	La vulnerabilidad ambiental es un concepto que se relaciona con la susceptibilidad o predisposición intrínseca del medio y los recursos naturales a sufrir un daño o una pérdida, siendo estos elementos físicos o biológicos.
Pérez, (2012).	La vulnerabilidad ambiental es un concepto que se relaciona con la mayor o menor exposición que tenga un territorio para ser afectada por un evento, en este caso la magnitud de los posibles impactos generados por la problemática ambiental. La vulnerabilidad ambiental es un concepto que se relaciona con la susceptibilidad o predisposición intrínseca del medio y los recursos naturales a sufrir un daño o una pérdida por eventos naturales o de origen socioeconómico. La comprensión de la vulnerabilidad ambiental de una determinada región implica comprender con precisión la susceptibilidad o resistencia de dicha área respecto a su problemática ambiental y como se manifiesta.
Alberto, Juan (2009).	La vulnerabilidad ambiental es la resultante de la ocupación de espacios rurales con fines urbanos.
Wang et al. (2012).	La vulnerabilidad ambiental regional está fuertemente relacionada con factores socioeconómicos locales, ya que las actividades humanas pueden influir en gran medida en la evolución de numerosas características ambientales. Por lo tanto, la densidad de población, la

AUTOR	VULNERABILIDAD AMBIENTAL
	construcción del tráfico, los pastos y los trastornos del cultivo se seleccionan para evaluar los impactos de las actividades humanas.
García (2004).	Es aquella que se relaciona con la manera cómo una comunidad determinada «explota» los elementos de su entorno, debilitándose a sí misma y debilitando a los ecosistemas en su capacidad de absorber sin traumatismo los fenómenos de la naturaleza.
1. Segnestam y 2. Kaly (como se citó en Gómez, 2001).	Algunos autores (1) utilizan el término vulnerabilidad ambiental para referirse a riesgos de poblaciones a sufrir desastres de origen natural (los riesgos proceden del medio ambiente). Otros (2), en cambio, utilizan el término para referirse a la vulnerabilidad del sub-sistema ecológico frente a desastres y cambios que pueden producir daño en el medio ambiente (por ejemplo, el derrame de petróleo en un ecosistema costero).
Fernández et al. (1999).	La vulnerabilidad ambiental es el grado de exposición social a factores que en distinto grado de conjugación e intensidad reducen, dificultan o postergan oportunidad de acceso cuantitativo y/o cualitativo a condiciones del habitar y del hábitat, deseable por la sociedad.
Herzer y Gurevich (1996).	La vulnerabilidad ambiental es la degradación como producto del manejo inadecuado de los recursos, que afecta al medio ambiente y lo hace más vulnerable a la acción de fenómenos naturales, tales como las precipitaciones.
Fuente: Elaboración propia con la información de los autores referenciados.	

De acuerdo a los conceptos planteados anteriormente, se puede observar que existen diferencias entre ellos. Razón por la cual, considerando el criterio establecido por la Real Academia que define vulnerabilidad como la cualidad de ser vulnerable, siendo esta última la capacidad que se tiene de poder ser herido o recibir lesión, física o moralmente, se plantea para este proyecto de investigación como vulnerabilidad ambiental el nivel de fragilidad o deterioro que pueden presentar los elementos ambientales (relieve, suelo, agua, aire, biótico (fauna, flora), etc), por la exposición ante el desarrollo de actividades antrópicas.

El análisis de la vulnerabilidad ambiental permite establecer cómo lugares o espacios físicos naturales expuestos a iguales o diferentes actividades antrópicas tienen posibilidades diferentes de sufrir daños o alteraciones considerando su magnitud y velocidad en la afectación. Esto obedece a la resistencia ambiental que poseen ciertos elementos ambientales frente al impacto de las

actividades antrópicas planificadas y no planificadas, cuya diferencia será la severidad de una actividad determinada. Por lo cual, en el estudio de la vulnerabilidad ambiental se deben determinar los factores antrópicos que localmente influyen en la degradación del medio físico y con base en este orientar su gestión.

3.1.1. Componentes de la vulnerabilidad ambiental

Dentro de los componentes de la vulnerabilidad ambiental, se encuentran: la exposición, la fragilidad ambiental, los elementos ambientales, las actividades humanas y las capacidades propias e instaladas que tienen los diversos elementos ambientales expuestos a determinadas manifestaciones de las amenazas de origen antrópico.

3. 1.1.1. Capacidades Propias e Instaladas

Las capacidades propias o resistencia ambiental: Están asociadas a las capacidades propias de los elementos ambientales, lo cual contribuye a tolerar los impactos ambientales negativos provocados por las actividades antrópicas hasta superar dicha capacidad y romper esa resistencia.

Capacidades instaladas: Las capacidades instaladas son aquellas que una vez los elementos ambientales fueron afectados por acciones de los seres humanos, estos realizan, implementan o ejecutan obras o acciones para reducir su afectación.

3.1.1.2. Exposición

La exposición está condicionada por el número de actividades antrópicas que impactan cada uno de los elementos ambientales, en cuanto a tiempo y espacio (área expuesta).

3.1.1.3. Fragilidad ambiental

La fragilidad ambiental está relacionada con la susceptibilidad que tienen los elementos ambientales para ser afectados o modificados por acciones antrópicas, por ejemplo:

Los suelos cuya cobertura vegetal es removida para desarrollar ciertas actividades, a parte de perder la cobertura, tienden a sufrir procesos de compactación, lo cual reduce su capacidad de infiltración y/o retención, se vuelven frágil al impacto de las gotas de lluvia y quedan expuestos a procesos de pérdida de suelos.

La contaminación del agua por diversas actividades antrópicas (descargas industriales, arrojo de residuos, minería, etc), modifican sus propiedades y reducen las posibilidades de vida que se pueden desarrollar en ella.

3.1.4. Elementos Ambientales

Un elemento ambiental es definido como aquel que posee características naturales y que permiten el soporte de la vida, como por ejemplo el agua, el aire, el medio biótico (la fauna, la flora), el suelo y el relieve. Para el estudio de la Vulnerabilidad Ambiental, se pueden seleccionar todos los elementos ambientales presentes en un área determinada o priorizar aquellos que se consideren de mayor relevancia. Dada la complejidad que puede presentar el estudio de un elemento ambiental, se recomienda establecer variables para determinar su afectación frente a las actividades antrópicas. En la tabla 7 se relacionan algunas variables para cada elemento.

Tabla 7. Variables de los elementos ambientales.

Elementos ambientales	Definición	Variables
Suelo	Desde el punto de vista de ingeniería, el suelo es la parte superficial de la corteza terrestre no compacta, en la que se encuentran elementos más o menos disgregados sobre un material consolidado. También es	Textura: el tamaño y la distribución de las partículas determina las cualidades del suelo, como la retención de agua, el comportamiento mecánico y la fertilidad del suelo, etc. Tomando como base el consenso de 2mm las partículas se clasifican en finas y gruesas. Estructura: está definida por la asociación de las partículas del suelo tanto las orgánicas como las minerales y pueden ser agregada, es

	considerado el sustrato sobre el cual se implantan los asentamientos humanos, actividades e infraestructura.	decir partículas aglutinadas entre sí o particular, cuando se encuentran dispersas e independientes entre sí. Plasticidad: Contenido de partículas escamosas de tamaño coloidal presentes en los suelos. Estas partículas son responsables de la alta compresibilidad y la baja permeabilidad de los suelos (Osorio, 2010). Porosidad: Presencia de espacios vacíos entre partículas interviene en el contenido y en los movimientos del agua del suelo. Permeabilidad: capacidad de transmisión interna de aire o agua. Depende de la estructura, textura, porosidad, compactación. Fuente: López, 1994. Diámetro medio ponderado-DMP: el valor del DPM representa el mayor o menor contenido porcentual de macroagregados del suelo. Es decir, <i>cuanto mayor sea el porcentaje de agregados (>1mm) estables, menor será la erodabilidad del suelo</i>” y viceversa. Dependiendo del DPM, así mismo será la capacidad de infiltración de agua, transporte de suelo por agua de escorrentía y desarrollo radicular (USDA, 1999).
Relieve	Es definido como las diferentes formas que presenta del terreno (López, 1994). Las cuales pueden ser alteradas por procesos naturales o antrópicos.	Pendiente: La pendiente de un terreno se define como el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical. Es decir, la inclinación o desnivel del suelo. Orientación: En un punto puede definirse como el ángulo existente entre el vector que señala el norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto y está relacionado con la cantidad de energía solar, exposición a los vientos, microclimas, etc. Curvatura: la curvatura en un punto, n, puede definirse como la tasa de cambio en la pendiente y depende de las derivadas de segundo grado de la altitud. Es decir, de los cambios de pendiente en el entorno del punto. Fuente: Felicísimo, 2012.
Aire	Fluido que forma la atmósfera de la tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de	Monóxido de carbono - CO: Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles. Material Particulado Menor a 10 Micras – PM₁₀: Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales.

	agua en relación volumétrica. Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y saneamiento Básico 2000. Título F Capítulo (como se citó en la Resolución 601, 2006).	Material Particulado Menor a 2.5 Micras – PM_{2.5}: Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales. Dióxido de azufre - SO₂: Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones. Dióxido de Nitrógeno - NO₂: Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.
Medio Biótico	El medio biótico está conformado por especies de fauna (animales) y flora (plantas). Siendo las plantas la base de la cadena alimenticia y subsistencia del primero. De igual forma, por desempeñar funciones de intercambio de gases con la atmosfera a través de la fotosíntesis, proteger el suelo, ser reservas energéticas y cualquier cambio o afectación repercute en todo el medio biótico. Fuente: López, 1994.	Cobertura vegetal: Número de árboles por personas. Favorece la actividad física, la integración social y una mejor calidad de vida de la población; también proveen servicios ambientales como el control de la temperatura urbana, captura de carbono, mejora la calidad del aire, protección de la biodiversidad, reducción de erosión, control de inundaciones, ahorro de energía, control de ruidos, entre otros (Reyes, 2011; Flores, 2011).
Agua	El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno (H₂O). Existe en las tres fases, sólida, líquida y gaseosa dentro de los límites de temperatura y presión naturales en la tierra (Fernández, 2012).	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días - DBO₅: cantidad de oxígeno disuelto (mg O₂/l) necesario para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo se consume aproximadamente el 70 % de las sustancias biodegradables. También se puede definir como la cantidad de oxígeno utilizado por una mezcla de población de microorganismos heterótrofos para oxidar compuestos orgánicos en la oscuridad a 20°C durante 5 días (Déniz, 2010). Demanda Química de Oxígeno - DQO: cantidad de oxígeno (mg O₂/l) necesaria para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas (Déniz, 2010).

		Oxígeno disuelto-OD: Es la cantidad de oxígeno que esta disuelto en el agua, esencial para los riachuelos y lagos. Suele ser utilizado como indicador para conocer el nivel de contaminación del agua (Peña, 2007). Sólidos: Contenido de partículas en suspensión y compuestos solubilizados, que en su conjunto constituyen los Sólidos Totales (ST). De estos, parte se encuentra disuelta (SD) y que otra sedimentable (Ss) (Aznar, 2000). pH: Medida de la concentración de los iones hidrógeno, mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa.
--	--	--

Fuente: elaboración propia con información de los autores referenciados.

3.1.5. Actividades antrópicas.

Las actividades antrópicas son definidas como acciones realizadas por las personas en un lugar determinado que modifican las condiciones naturales de los elementos ambientales y a su vez generan un impacto o afectación a los mismos. La afectación que causan las actividades antrópicas en los elementos ambientales depende de la magnitud de la actividad y pueden ser directa, indirecta, total, parcial, de tiempo, de lugar, entre otras. Algunos ejemplos de actividades antrópicas se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Actividades antrópicas que pueden afectar a los elementos ambientales considerados en este estudio.

Elementos ambientales	Actividades antrópicas y su posible afectación al elemento ambiental
Agua	Realización de actividades domésticas, las cuales generan residuos sólidos y líquidos.
Aire	La conducción de vehículos, genera emisión de sustancias toxicas, actividades industriales.
Fauna y flora.	Construcciones de vivienda, vías, deforestación, cambios en el uso del suelo, alteración de especies de fauna y flora.
Suelo	Actividades agrícolas, agropecuarios, de construcción, cambios en el uso del suelo, deforestación, vertimiento de residuos sólidos y líquidos.
Relieve	Terraceo y relleno de terreno para construir, genera cambios en la pendiente, el uso del suelo, deforestación.

Fuente: elaboración propia.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4. 1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Determinar la vulnerabilidad ambiental, frente a las actividades antrópicas que generan alteraciones en los elementos ambientales, en el sector San Francisco del barrio Siloé comuna 20, ciudad Santiago de Cali. A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a cada uno de los tres objetivos específicos de la investigación:

1). Identificar los elementos ambientales y las actividades antrópicas presentes en la zona de estudio

A través de los recorridos de campo, realización de reuniones (ver fotografía 1) con líderes comunitarios de la Mesa Territorial de Mujeres de la comuna 20 se identificaron los elementos ambientales y por medio de la participación en talleres denominados “identificación de actividades económicas” liderado por la Subsecretaría de Territorios de Inclusión y Oportunidades, donde esta Subsecretaría realizó cartografía social para identificar las actividades económicas desarrolladas en la comuna 20 y los participantes a través símbolos ubicaron las principales actividades. En este sentido, se identificaron los siguientes elementos ambientales y actividades antrópicas:



Fotografía 1. Participación en reuniones de la Mesa de Mujeres de la Comuna 20, fuente Gloria Sánchez, 2017.

Elementos ambientales:

De los cinco (5) elementos planteados inicialmente para determinar la vulnerabilidad ambiental, se escogieron tres (3) que tienen incidencia directa en el área de estudio y están expuesto a las actividades antrópicas que se desarrollan en la zona. En la tabla 9 se relacionan los elementos encontrados y la incidencia de las variables seleccionadas para su estudio en la vulnerabilidad ambiental.

Tabla 9. Elementos ambientales seleccionados para determinar la vulnerabilidad ambiental.

Elemento ambiental	Variable	Incidencia de cada variable en la vulnerabilidad ambiental
RELIEVE	Pendiente	La pendiente es definida como la inclinación o desnivel que presenta el relieve en un punto dado. Al variar estas características por las actividades humanas como por ejemplo remoción de la cobertura vegetal y/o relleno o aplanamiento del suelo el relieve es alterado cambiando sus formas haciéndose propenso a la pérdida de suelo y a su capacidad de retención e infiltración de agua.
	Orientación	La orientación se define como el ángulo existente entre el vector que señala el norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en un punto y está relacionado con la cantidad de energía solar, exposición a los vientos, microclimas, etc.
SUELO	Textura	Estas variables le permiten al suelo ciertas propiedades para resistir o autorregularse ante la manifestación de fenómenos naturales. Sin embargo, al implantarse en el suelo ciertas actividades humanas relacionadas con la remoción de la cobertura vegetal y compactación del mismo, se modifican dichas propiedades haciendo al suelo frágil a la lluvia, al viento, a la erosión, entre otros.
	Estructura	
	Porosidad	
	Permeabilidad	
MEDIO BIÓTICO	Cobertura vegetal: (Número de árboles por personas No. árboles*persona y Zonas verdes m ² *personas)	La cobertura vegetal favorece la actividad física, la integración social, provee servicios ambientales como el control de la temperatura urbana, captura de carbono, mejora la calidad del aire, protección de la biodiversidad, reducción de erosión, ahorro de energía, control de ruidos, entre otros (Reyes, 2011; Flores, 2011). Sin embargo, el establecimiento de actividades antrópicas implica la remoción de dicha cobertura lo cual reduce o elimina sus servicios ambientales, haciéndose frágil a los fenómenos climáticos y por ende aumentando su vulnerabilidad.

Fuente: elaboración propia tomando como referencia la información relacionada en la tabla 7.

Para el caso del elemento agua, entre el Sector San Francisco del barrio Siloé y el barrio Belén se encuentra la quebrada Isabel Pérez y al ingresar a estos barrios se encuentra entamborada, obra realizada por las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE empresa prestadora de servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Como objeto de estudio este elemento se descartó teniendo en cuenta que actualmente es impactada por los habitantes de ambos barrios por arrojo de residuos sólidos, aguas domésticas y diferentes acciones humanas que han desestabilizado la dinámica de la quebrada. Por lo cual, su grado de afectación no estaría siendo generado solo por la población de San Francisco, sino también por los habitantes del barrio Belén y su análisis implica mayor complejidad.

Con respecto al elemento aire, mediante consulta realizada al Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente como autoridad ambiental informó que la estación de monitoreo CA: Estación Cañaveralejo (Estación SITM-MIO Cañaveralejo Zona Suroccidente), mide dos (2) tipos de contaminantes SO₂ y MP10. A pesar de ser, esta estación la más cercana al área de estudio se descartó porque en las mediciones confluye la contaminación de otras zonas diferentes al área de estudio. Lo efectivo, es la medición puntual. Sin embargo, esto no fue posible por la falta de recursos.

Actividades antrópicas:

Las actividades antrópicas realizadas en el área de estudio fueron identificadas de acuerdo al nivel de estratificación de la zona, que para la comuna 20 el 83,4% corresponde al estrato 1 y en cuanto a la parte económica el 1,4% de las unidades económicas de la ciudad en 2005 se encontraban en la comuna 20, de las cuales 75,7% pertenecen al sector comercio, el 21,3% al sector servicios y 3,1% a industria (DAPM, 2008).

Para la pregunta ¿Cuáles son las actividades antrópicas que se realizan en la zona de estudio? En el caso específico del Sector San Francisco las actividades antrópicas fueron identificadas según su influencia en directa e indirecta en los elementos ambientales Esta identificación se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Actividades antrópicas realizadas en el sector San Francisco.

Actividades directas	Descripción	Actividades indirectas	Descripción
Agropecuaria	Representada por criaderos de marranos para consumo familiar.	Quema de caña por parte de los ingenios azucareros.	Emisión de contaminantes, contaminación del suelo, del aire y del agua.
Industrial	No aplica.	Flujo vehicular de la ciudad de Santiago de Cali.	Emisión de contaminantes.
Servicios	Tiendas.	Sector industrial del municipio de Yumbo.	Emisión de contaminantes.
Autoconstrucciones de vivienda	Realizadas por la población de bajos recursos, estratos 1 y 2.	Existencia de socavones en la parte baja de la ladera por explotación de minas de carbón.	Modificación de las propiedades del suelo, eliminación de la cobertura vegetal, alteración de la fauna y flora.
Eliminación de la cobertura vegetal y tala de árboles.	Deforestación de la ladera.	Construcción de viviendas en la parte alta de la quebrada Isabel Pérez.	Eliminación de la cobertura vegetal, alteración de la fauna y flora.
Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	Actividades de consumo y servicios.	Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	Actividades de consumo y servicios.

Fuente: Elaboración propia con los resultados del taller de actividades económicas realizado por la Subsecretaría de Territorios de Inclusión y Oportunidades, 2016.

De la Tabla 10, para la presente investigación se seleccionaron las actividades antrópicas que se realizan de manera directa que posiblemente estarían afectando a los elementos ambientales, entre estas las construcciones de viviendas (autoconstrucciones) y vías y la generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas y como actividad indirecta se seleccionó la explotación de las minas de carbón en la parte baja del barrio Siloé. Las razones de esta selección se explican a continuación:

- Las viviendas y vías fueron construidas de manera artesanal sin ningún tipo de normas estructurales ni estudios de carga, para conocer si en la zona era factible su localización. En la fotografía 2 puede apreciar el tipo de construcciones de viviendas y vías del sector San Francisco.



Fotografía 2. Tipos de vivienda y vías del Sector San Francisco del barrio Siloé, comuna 20.

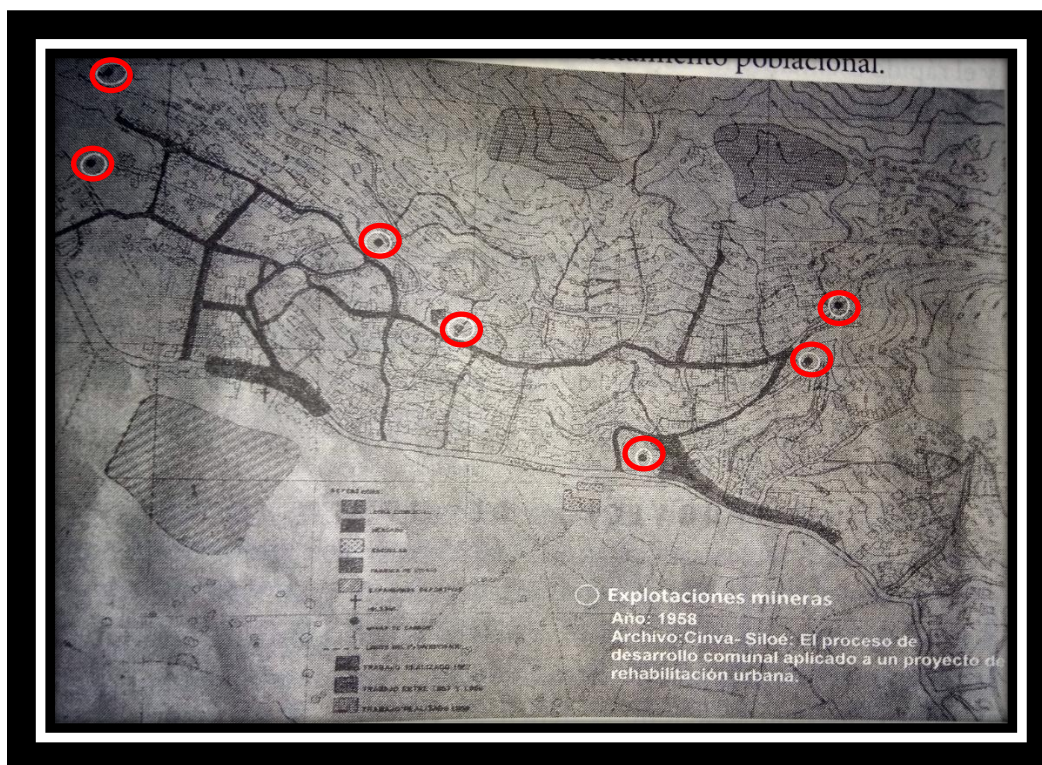
- El manejo inadecuado de residuos sólidos se debe, por un lado, a las condiciones topográficas de la zona y a que las vías disponibles no cumplen con las características para la movilización del vehículo recolector de residuos. Razón por la cual, los habitantes de la zona expresan que al no haber recolección arrojan los residuos entre el límite de la cancha de fútbol y la zona de protección de la Quebrada Isabel Pérez, como se muestra en la fotografía 3, por lo cual en temporadas de lluvia los residuos son transportados por escorrentía a la quebrada reduciendo su capacidad de drenaje. Otros habitantes disponen los residuos en puntos de almacenamiento colectivo a cualquier hora del día generando impactos ambientales en el suelo, en el agua y en el espacio público. Con respecto al manejo



Fotografía 3. Manejo inadecuado de residuos sólidos en el Sector San Francisco del barrio Siloé, comuna 20.

inadecuado de aguas domésticas se debe a que algunas viviendas del sector no cuentan con sistema de alcantarillado, y las aguas son arrojadas a las calles o los patios.

- La explotación de las minas de carbón en la parte baja del barrio Siloé (ver fotografía 4), se seleccionó por ser la actividad que promovió la conformación del mismo de zona rural de explotación minera a sector popular de la ciudad, tal como lo plantea Ruíz (2016), en su libro espacio y poblamiento en la ladera suroccidental de Cali, sector Siloé, décadas 1910 – 2010. Además, porque no hay que olvidar que, aunque la explotación de carbón se haya realizado en 1950, no significa que no tenga repercusiones en el futuro y más aún cuando desde el punto de vista ambiental, las razones bajo las cuales se consolidó el barrio Siloé conllevaron al uso del territorio sin ningún mecanismo de planificación.



Fotografía 4. Extracción Minera en Siloé en el año 1958. Fuente: Extracción Minera en Siloé en el año 1958. CINVA – OEA. Siloé. Serie: trabajo de clase No. 6, Bogotá 1958 (como se citó en Ruíz, 2016).

2). Determinar las posibles alteraciones o cambios que pueden sufrir los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas en la zona de estudio

Los elementos ambientales en su estado normal (cero intervenciones por parte de los seres humanos) tienen unas condiciones y resistencias que le permiten sobreponerse a los cambios ambientales o autorregenerarse. Sin embargo, al ser intervenidos por las actividades antrópicas se ven sometidos a grandes presiones y, por ende, enfrentados a afectaciones que sobrepasan sus propias capacidades. Para conocer las alteraciones o cambios que podrían estar afrontando los elementos ambientales se realizaron recorridos en la zona de estudio y se observó la forma como sus habitantes han desarrollado a lo largo de la historia sus actividades. De esta manera, se respondió la pregunta *¿Cómo los elementos ambientales de la zona se ven afectados por las actividades humanas?*, tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Identificación de las alteraciones o cambios en los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas en la zona de estudio.

Elemento ambiental	Variable	Actividades antrópicas	Efecto	Impacto-afectación (alteración)
RELIEVE	Pendiente	Construcciones de viviendas y vías.	1.Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Alteración de la cobertura vegetal.
			2. Relleno y terraceo del terreno	2.1. Modificación de la pendiente y alteración del relieve.
		Realización de actividades domésticas.	1.Arrojo y manejo inadecuado de residuos sólidos.	1.1. Contaminación del hábitat de las especies.
				1.2. Deterioro del paisaje.
				1.3. Alteración de la biota del suelo.
			2.Arrojo y manejo inadecuado de residuos líquidos.	2.1. Alteración de la cobertura vegetal.
				2.2. Contaminación de suelo y aguas.
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización del suelo.	1.1. Erosión. 1..2. Movimientos en masa.

Elemento ambiental	Variable	Actividades antrópicas	Efecto	Impacto-afectación (alteración)
	Orientación	Construcciones de viviendas y vías.	1.Ubicación de viviendas y vías.	1.1. Reducción de la cantidad de energía solar.
				1.2. Menor exposición a los vientos
		Realización de actividades domésticas.	1.Arrojo y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	1.1. Reducción de la cantidad de energía solar absorbida.
		Explotación de carbón.	1.Desestabilización de la estructura	1.1. Aumento de filtración del agua.
				1.2. Influencia en los movimientos en masa.
SUELO	Porosidad	Construcciones de viviendas y vías.	1.Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Reducción de la porosidad.
			2. Relleno y aplanamiento del terreno para construcción.	2.1. Erradicación de la porosidad y compactación del suelo.
		Realización de actividades domésticas.	1. Arrojo y manejo inadecuado de residuos líquidos.	1.1. Propagación de contaminación del suelo y del agua.
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización de la estructura del suelo	1.1. Aumento de filtración de agua.
				1.2. Influencia en los movimientos.
	Textura:	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Compactación del suelo
		Realización de actividades domésticas.	1. Arrojo y manejo inadecuado de residuos líquido.	1.1. Alteración y lavado del suelo.
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización del suelo.	1.1. Erosión.
				1.2. Aumento de deslizamiento
	Estructura	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Exposición a las lluvias

Elemento ambiental	Variable	Actividades antrópicas	Efecto	Impacto-afectación (alteración)
				1.2. Tendencia a procesos de remoción en masa.
			2. Desestabilización de la estructura	1.2. Compactación de la estructura.
			3. Relleno y aplanamiento de terreno.	3.1. Aumento de la compactación del suelo
		Realización de actividades domésticas.	1. Arrojo y manejo inadecuado de residuos sólidos.	1.1. Contaminación del suelo.
			2. Arrojo de residuos líquidos.	2.1. Contaminación del suelo.
				2.2. Influencia en la remoción en masa.
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización de la estructura	1.1. Alteración de la estructura.
				1.2. Mayor influencia en la remoción en masa.
	Permeabilidad	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Reducción de la permeabilidad
		Realización de actividades domésticas.	1. Arrojo y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	1.1. Mayor posibilidad de contaminación del suelo y del agua.
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización del suelo	1.1. Reducción de la permeabilidad
				1.2. Mayor influencia en la remoción en masa.
BIÓTICO: Cobertura vegetal	Cobertura vegetal: Árboles y zonas verdes	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal y tala de árboles.	1.1. Ausencia de cobertura vegetal.
				1.2. Alteración del hábitat de las plantas
				1.3. Propagación de la erosión y aumento de deslizamiento

Elemento ambiental	Variable	Actividades antrópicas	Efecto	Impacto-afectación (alteración)
		Realización de actividades domésticas.	1. Arrojo y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.	1.1. Alteración del hábitat de la fauna y flora.
		Explotación de carbón.	1. Eliminación de la cobertura vegetal y tala de árboles.	1.1. Alteración del hábitat de la fauna y flora.
			2. Desestabilización de la cobertura vegetal.	2.1. Mayor influencia en los movimientos de remoción en masa.

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior, se puede observar que los elementos ambientales (relieve, suelo y el medio biótico (cobertura vegetal) al estar expuestos a los tres (3) tipo de actividades desarrolladas en el área de estudio desde el punto de vista cualitativo son afectadas por las actividades antrópicas, es decir:

Relieve: Las principales alteraciones del relieve en la zona de estudio obedece a la eliminación de la cobertura vegetal, terraceo y relleno del terreno, contaminación del suelo y agua por arrojo de residuos sólidos y líquidos y con esto desequilibrio en la biota del suelo.

Suelo: Las actividades de construcción de viviendas y vías, domésticas y explotación de carbón alteran al suelo reduciendo algunas de sus propiedades como la porosidad y permeabilidad generando compactación en la textura y estructura del suelo, haciéndolo propenso al lavado y deslizamiento.

Medio biótico: De este elemento, se tomó la cobertura vegetal, la cual en su gran mayoría ha sido removida para implantar las actividades antrópicas promoviendo la erosión y aumento de deslizamientos, modificación del hábitat de la fauna y la flora.

En la fotografía 5, se pueden observar algunas de las modificaciones de los elementos ambientales seleccionados para el presente estudio.



Fotografía 5. Modificación de los elementos ambientales (cobertura vegetal, suelo y relieve) para la localización de actividades antrópicas como construcción de viviendas y vías.

Como complemento a la identificación de alteraciones de los elementos ambientales, al suelo se le realizó una caracterización física tomando como base algunas variables entre estas la textura, el diámetro medio ponderado y porcentajes de agregación y el índice de plasticidad, para conocer sus posibles alteraciones al estar expuesto a las actividades antrópicas que se desarrollan en la zona de estudio. Los resultados de esta caracterización se muestran a continuación:

Textura

En la tabla 12 se presentan las clases texturales para las muestras de suelo, las cuales presentan una textura franco-arcillosa (SSDS, 1993).

Tabla 12. Clase textural del suelo.

Identificación de las muestras	%A	%L	%Ar	Textura
P1	38	33	29	FrAr
P2	45	22	33	FrAr
P3	35	25	40	FrAr

Fuente: elaboración propia.

La textura franco-arcillosa que presentan las muestras de la tabla 12, le confieren al suelo una distribución de tamaño de partículas entre grandes y pequeñas que permiten una buena aireación, drenaje interno y capacidad de retención de agua.

Diámetro Ponderado Medio y porcentaje de agregación

En la tabla 13 se observan los resultados del Diámetro Ponderado Medio – DPM y el porcentaje de agregados de las muestras de la zona de estudio.

Tabla 13. Diámetro medio ponderado y porcentajes de agregación.

Identificación de las muestras	Agregados estables al agua (%)					DPM	% Agr
	>2mm	1-2mm	0.5-1mm	0.1-0.5mm	<0.1mm		
P1	46,75	12,06	24,24	4,51	12,45	1,8	47,05
P2	82,04	4,53	4,25	2,81	6,36	2,6	78,11
P3	42,28	3,96	5,63	3,44	44,69	1,5	35,96

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior, se observan altos valores de los DPM (>0,5mm) debido a que los macroagregados del suelo representan el mayor contenido porcentual. Lo cual indica una situación favorable para estos suelos, dado que *“en general, cuanto mayor sea el porcentaje de agregados (>1mm) estables, menor será la erodabilidad del suelo”* (USDA, 1999). Es decir, estos suelos resultan poco susceptibles a la erosión; ya que los agregados incrementan la cantidad de espacio de poros grandes, permite una mayor infiltración de agua, disminuye el transporte de suelo por agua escorrentía y presenta condiciones para un óptimo desarrollo radicular (USDA, 1999).

Límites de plasticidad o constante de Atterberg

“Atterberg estudió el fenómeno de la consistencia del suelo y estableció los llamados límites de plasticidad o constantes de Atterberg, para definir los diferentes estados de consistencia, en relación con el contenido de humedad. Es decir, la propiedad de sufrir una deformación permanente sin desquebrajarse ni fluir. El suelo es plástico, cuando se forma una capa continua de moléculas de agua de hidratación de los cationes absorbidos entre las laminillas de arcilla, la cual facilita, como un lubricante, el desplazamiento de unas sobre otras, sin permitir su separación. Cuando el contenido de agua es tal que la unión de las laminillas de arcilla a través de moléculas de agua se debilita hasta permitir su movimiento independiente, el suelo se hace fluido. El contenido de agua cuando el suelo se hace plástico corresponde al llamado límite inferior de plasticidad, mientras que la humedad cuando se hace fluido corresponde al límite superior de plasticidad (Pla, 1983).

En la tabla 14 se observan los resultados obtenidos para los límites de Atterberg e índice de plasticidad que el suelo de los puntos de muestreo presenta.

Tabla 14. Límites de Atterberg e índice de plasticidad.

Identificación de las Muestras	L. Líquido	L. Plástico	I.P
	Porcentaje (%)		
P1	38,40	29,49	8,91
P2	33,58	27,11	6,48
P3	40,76	30,90	9,86

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 14 y teniendo en cuenta que según Pla (1983), las diferencias entre los límites superior e inferior de plasticidad superior al 10 % de humedad indican la presencia de un contenido y tipo de arcilla que le da una alta plasticidad al suelo, rangos de 5-10 % de humedad entre los límites, indican moderada plasticidad y menores de 5% baja plasticidad, el suelo de la zona de estudio presentan moderada plasticidad. Es decir, estos suelos tienen un corto rango de humedad en la cual puede sufrir deformaciones sin desestabilizarse. De igual manera, la muestra P2MP presenta el menor porcentaje de humedad para el límite líquido, esto puede deberse a que este suelo presenta un mayor contenido de arena y poco contenido de materia orgánica, por lo que este suelo es más susceptible a perder su consistencia y fluir cuando el contenido de humedad supere ese límite.

En términos generales los resultados del análisis de suelo mostraron que son poco susceptibles a la erosión por el contenido de agregados que poseen, lo cual permite una mayor infiltración de agua, disminuye el transporte de suelo por agua de escorrentía, tienen buena aireación y drenaje interno. Sin embargo, según la información reportada en el Plan de Desarrollo de la comuna 20 del periodo 2016-2019 (DAPM, 2015), en esta comuna se han realizado obras de mitigación como muros de contención, obras de bioingeniería y canalización abierta y cerrada de aguas de escorrentía, así como la construcción de andenes, gradas, sardineles, reposición de redes de acueducto y alcantarillado y es una zona catalogado de amenaza alta y muy alta por movimiento en masa.

Lo anterior, evidencia la necesidad de replantear las actividades que se desarrollan actualmente proponiendo otros usos para la zona de estudio para evitar posible riesgo de desastre. Como por ejemplo pasar de usos residencial a suelos de protección bajo un proceso de reforestación como estrategia para reducir las pérdidas que se puedan llegar a generar por los movimientos en masa.

Teniendo en cuenta que “algunas plantas poseen un sistema de raíz “extensivo”, en el cual las raíces alcanzan profundidades o extensiones grandes, mientras otras forman un sistema “intensivo” con raíces más cortas y finas. Estas raíces son muy efectivas para la estabilización de deslizamientos poco profundos” (Suarez, 1998).

3). Estimar la exposición y fragilidad ante las actividades antrópicas

Para darle cumplimiento a este objetivo se realizó el cálculo individual de la exposición y la fragilidad y posteriormente, se realizó un cruce entre estos dos componentes y se estimó la vulnerabilidad ambiental.

Exposición:

Para definir el nivel de exposición se establecieron tres (3) rangos: Alta, Media y Baja como se muestra en la siguiente tabla 15.

Tabla 15. Definición de niveles de exposición.

Nivel de exposición	Área expuesta (%)
Baja	0 – 10
Media	10 – 35
Alta	35 - 100

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se utilizó la fotografía 6 (2010) y a través del software ArcGis 10.5 se estimó el área para cada elemento expuesto a las actividades antrópicas seleccionadas para el estudio. Es decir, área expuesta del relieve, el suelo y la cobertura vegetal. Los resultados encontrados se muestran en la tabla 16.



Fotografía 6. Localización del sector San Francisco barrio Siloé, comuna 20, foto área facilitada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Santiago de Cali, 2010.

Tabla 16. Área cubierta por los elementos ambientales expuestos a las actividades antrópicas en la zona de estudio.

Relieve			Suelo			Cobertura vegetal		
Actividades Antrópicas	Área expuesta (Ha)	Área expuesta (%)	Actividades Antrópicas	Área expuesta (Ha)	Área expuesta (%)	Actividades Antrópicas	Área expuesta (Ha)	Área expuesta (%)
Construcciones (viviendas y vías)	1,44	85,21%	Construcciones (viviendas y vías)	1,44	85,21%	Construcciones (viviendas y vías)	1,6	94,67%
Generación y manejo inadecuado de Residuos Sólidos y Líquidos	1,44	85,21%	Generación y manejo inadecuado de Residuos Sólidos y Líquidos	1,44	85,21%	Generación y manejo inadecuado de Residuos Sólidos y Líquidos	1,6	94,67%
Explotación de Carbón	0	0,00%	Explotación de Carbón	0	0,00%	Explotación de Carbón	0	0,00%
Área de estudio	1,69		Área de estudio	1,69		Área de estudio	1,69	

Fuente: elaboración propia.

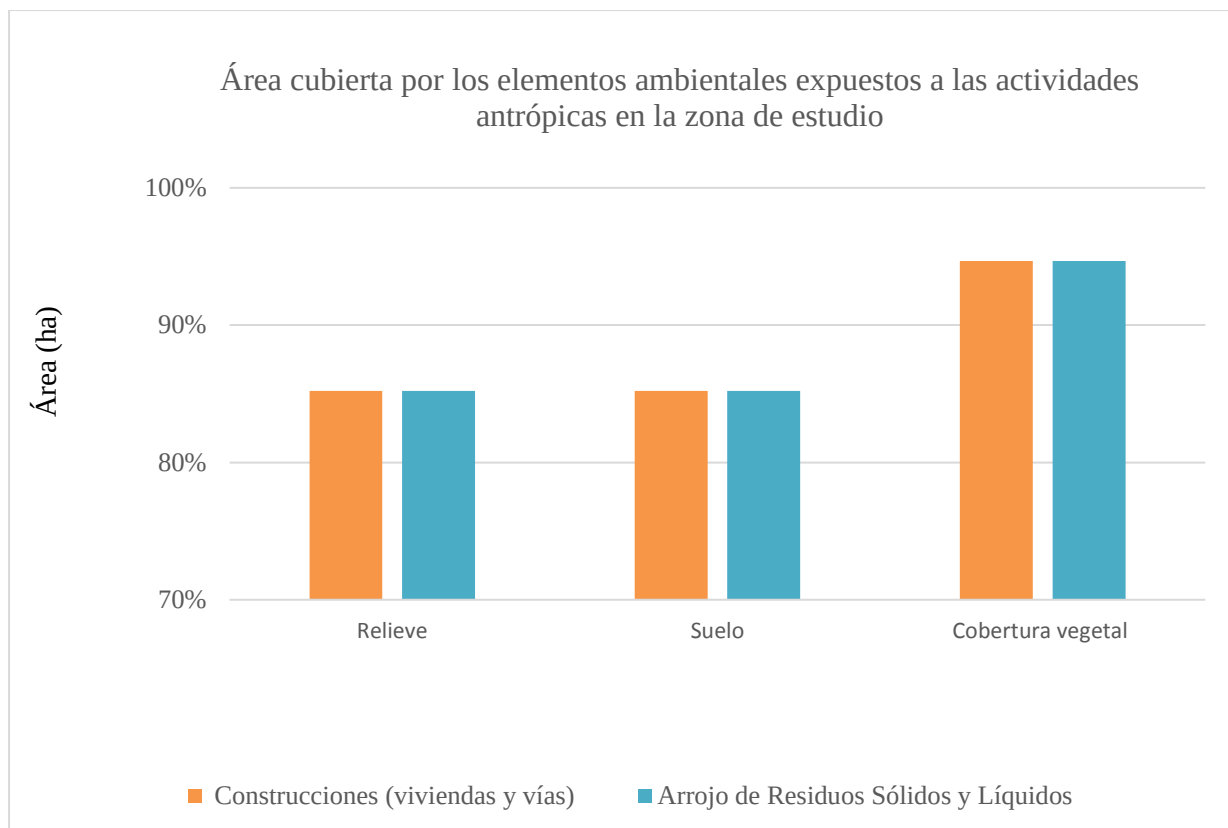


Gráfico 3.exposición de los elementos ambientales ante las actividades antrópicas.

Del gráfico anterior, se observa que el área total de la zona de estudio es de 1,69 hectáreas por lo cual al comparar el área expuesta de los elementos ambientales conforme a los criterios establecidos en la tabla 15, los tres elementos presentan una alta exposición a las actividades antrópicas que se realizan de manera directa en la zona de estudio.

Como complemento a lo anterior, se utilizó la cartografía disponible en el Plan de Ordenamiento Territorial – POT de Santiago de Cali adoptado mediante Acuerdo 0373 de 2014 (DAPM, 2014), para realizar un Modelo de Elevación del Terreno – DEM para calcular la pendiente y determinar las áreas de mayor exposición de acuerdo a la misma y calcular las orientaciones del relieve y conocer las zonas que reciben mayor cantidad de energía solar, condiciones climáticas.

Con la estimación de la pendiente se busca conocer las zonas de mayor pendiente, considerando que en dichas zonas los elementos ambientales presentan mayor susceptibilidad a sufrir alteraciones por la elevación, como lo argumenta Wang et al. (2008) que a mayor elevación mayor es la vulnerabilidad ambiental, lo que podría reflejar las duras condiciones ambientales en las

elevaciones más altas. Los valores de la pendiente, se clasificaron en tres (3) clases y según estas, se calculó el área ocupada por cada clase respecto a la actividad antrópica y posteriormente, se le dio una calificación de Bajo, Medio y Alto de acuerdo a la tabla 15 “definición de niveles de exposición”. Los resultados de las pendientes se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Clases de pendiente de la zona de estudio.

Clases	Intervalos de la pendiente (%)	Área expuesta (Hectáreas)	Área expuesta (%)	Área expuesta a las actividades antrópicas	Descripción del área	Calificación
Suave	0-25	0,38	22,49%	100%	Área construida (viviendas y vías), generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas y explotación de carbón.	Baja
Inclinada	25-50	0,84	49,82%	100%	Área construida (viviendas y vías), generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas y explotación de carbón.	Media
Escarpada	>50	0,47	27,69%	100%	Área construida (viviendas y vías), generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas y explotación de carbón.	Alta
Área de estudio		1,69	100,00%	-----	-----	-----

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la información registrada en la tabla anterior, la zona de mayor pendiente corresponde al 27,69% del área de estudio con la clase escarpada (>50) y se encuentra expuesta a las dos actividades que se desarrollan de manera directa en la zona de estudio. Por lo cual, esta zona es la que requiere ser intervenida para reducir o mitigar la afectación que puede llegar a generar tanto en los habitantes como en los elementos ambientales y esta representa en el mapa de pendiente del gráfico 3.

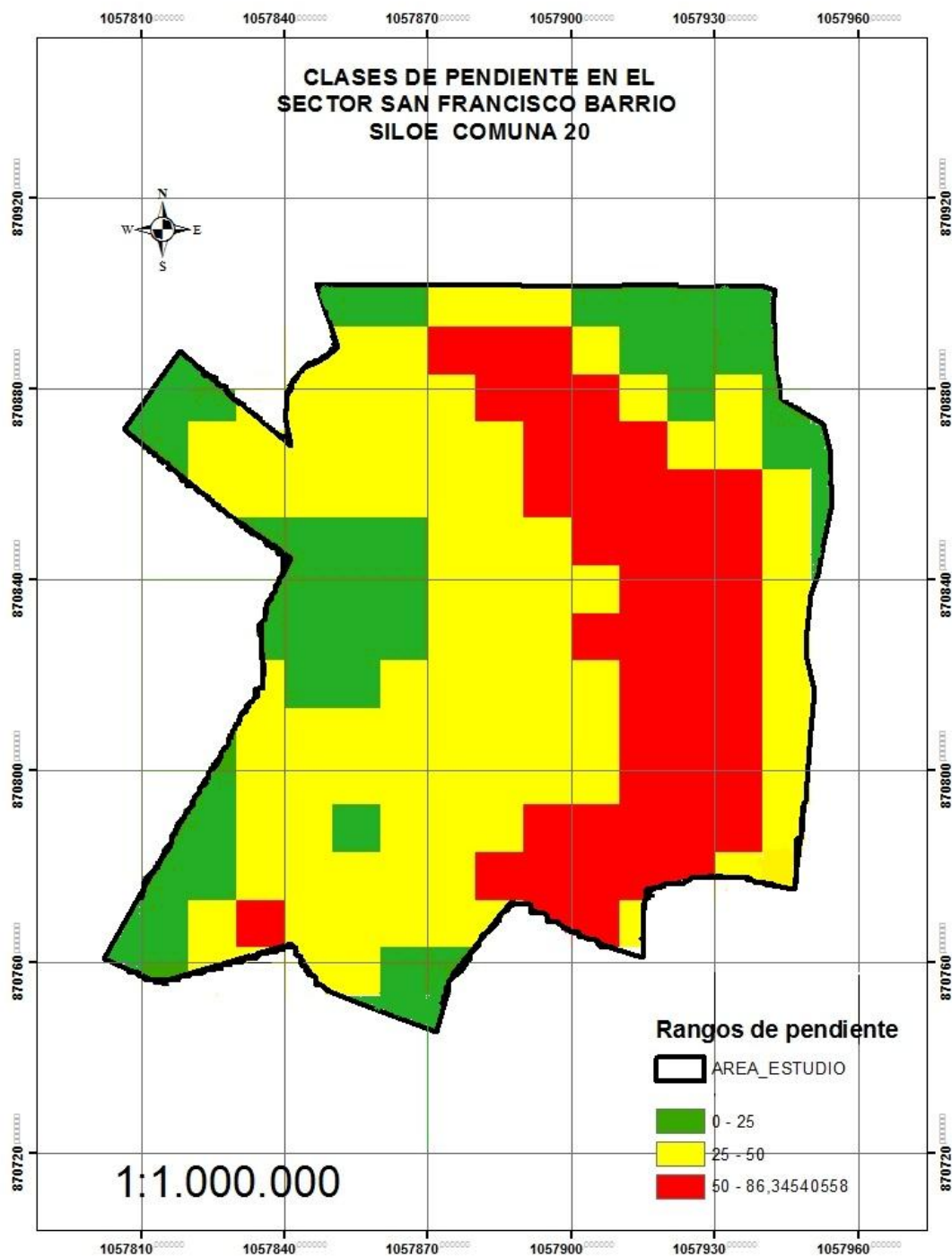


Gráfico 4. Mapa de pendientes correspondiente a la zona del sector San Francisco que requiere medidas de intervención.

Tabla 18. Orientaciones del relieve.

Orientación	Intervalos	Área expuesta (Ha)	Área expuesta (%)
1. Flat-plano	-1	0,02	1,19%
2. North-norte	0-22.5	0,01	0,46%
3. Notheast- noreste	22.5-67.5	0,35	20,68%
4. East-oeste	67.5-112.5	0,85	50,11%
5. Southeast-suoreste	112.5-157.5	0,26	15,56%
6. South-sur	157.5-202.5	0,01	0,59%
7.Southwest-suroeste	202.5-247.5	0,01	0,59%
8. West-oeste	247.5-292.5	0,01	0,59%
9. Northwest-noroeste	292.5-337.5	0,00	0,13%
10. North-norte	337.5-360	0,17	10,11%
	Total, área	1,69	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados de la orientación presentados en la tabla 18, con el mapa de pendientes del grafico 3, se puede observar que las zonas de mayor exposición con respecto a la orientación, es decir, las zonas que reciben mayor cantidad de energía solar, exposición a los vientos y a los microclimas, corresponden a las áreas de mayor pendiente (inclinada y escarpada). Esto significa que tanto la orientación como la pendiente están indicando que se le debe prestar atención a esta zona para reducir la amenaza de los movimientos en masa.

Fragilidad ambiental

Para determinar la fragilidad ambiental de los elementos ambientales generada por las actividades antrópicas, se utilizó el método directo de las Empresas Públicas de Medellín, descrito en la sección de la metodología del presente trabajo. De esta manera, se evaluó individualmente el nivel de afectación de cada elemento ambiental respondiendo la pregunta *¿Cuáles son las condiciones de fragilidad de los elementos ambientales debido a las actividades antrópicas presente en la zona de estudio?*. El resultado de la evaluación se encuentra en la tabla 19.

Tabla 19. Evaluación de la fragilidad ambiental por el método de las Empresas Públicas de Medellín.

ELEMENTO AMBIENTAL	VARIABLE	ASPECTO- ACTIVIDAD ANTROPICA	EFECTO	IMPACTO- AFECTACIÓN	Criterios						Importancia	Nivel de afectación
					Clase (Cl)	Presencia (Pr)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (Mr)	Calificación		
RELIEVE	Pendiente	Construcciones de viviendas y vías.	1.Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Alteración de la cobertura vegetal.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
			2. Relleno y aplanamiento del terreno	2.1. Modificación de la pendiente y alteración del relieve.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1.Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos.	1.1. Contaminación del hábitat de las especies.	-	1	1	1	0,8	8,6	Grave	Alta
				1.2. Deterioro del paisaje.	-	1	1	1	0,8	8,6	Grave	Alta
				1.3. Alteración de la biota del suelo.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
			2. Generación y manejo inadecuado de aguas domésticas.	2.1. Alteración de la cobertura vegetal.	-	1	1	1	0,8	8,6	Grave	Alta
				2.2. Contaminación de suelo y aguas.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Explotación de carbón.	1.Desestabilización del suelo.	1.1. Erosión.	-	1	1	0,19	0,69	3,9177	Irrelevante o moderado	Bajo
				1..2. Aumento de deslizamiento	-	1	1	0,19	0,69	3,9177	Irrelevante o moderado	Bajo
	Orientación	Construcciones de viviendas y vías.	1.Ubicación de viviendas y vías.	1.1. Reducción de la cantidad de energía solar.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
				1.2. Menor exposición a los vientos	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1.Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas.	1.1. Reducción de la cantidad de energía solar absorbida.		0,9	1	0,19	0,8	3,6576	Irrelevante o moderado	Bajo
		Explotación de carbón.	1.Desestabilización de la estructura	1.1. Aumento de filtración del agua.	-	1	1	0,19	0,69	3,9177	Irrelevante o moderado	Bajo
				1.2. Influencia en la remoción en masa.	-	1	1	0,19	0,69	3,9177	Irrelevante o moderado	Bajo

					Criterios						Importancia	Nivel de afectación
ELEMENTO AMBIENTAL	VARIABLE	ASPECTO- ACTIVIDAD ÁNTROPICA	EFFECTO	IMPACTO- AFECTACIÓN	Clase (Cl)	Presencia (Pr)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (Mr)	Calificación		
SUELO	Porosidad	Construcciones de viviendas y vías.	1.Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Reducción de la porosidad.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
			2. Relleno y aplanamiento del terreno para construcción.	2.1. Erradicación de la porosidad y compactación del suelo.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1. Generación y manejo inadecuado de aguas domésticas.	1.1. Propagación de contaminación del suelo y del agua.	-	1	1	0,19	0,9	4,197	Irrelevante o moderado	Bajo
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización de la estructura del suelo	1.1. Aumento de filtración de agua.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
				1.2. Influencia en la remoción en masa.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
	Textura:	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Compactación del suelo	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1. Generación y manejo inadecuado de residuos líquido.	1.1. Alteración y lavado del suelo.	-	1	1	0,7	1	7,9	Grave	Alta
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización del suelo.	1.1. Erosión.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
				1.2. Aumento de deslizamiento	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
	Estructura	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Exposición a las lluvias	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
				1.1. Tendencia a procesos de remoción en masa.	-	1	1	0,9	0,8	8,04	Grave	Alta
			2. Desestabilización de la estructura	1.2. Compactación de la estructura.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
			3. Relleno y aplanamiento de terreno.	3.1. Aumento de la compactación del suelo	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1.Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos.	1.1. Contaminación del suelo.	-	1	0,7	0,7	0,8	6,02	Relevante	Medio
				2.1. Contaminación del suelo.	-	1	0,7	0,7	0,8	6,02	Relevante	Medio
			2. Generación y manejo inadecuado de aguas domésticas.	2.2. Influencia en la remoción en masa.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta

ELEMENTO AMBIENTAL	VARIABLE	ASPECTO- ACTIVIDAD ÁNTROPICA	EFECTO	IMPACTO- AFECTACIÓN	Criterios						Importancia	Nivel de afectación
					Clase (Cl)	Presencia (Pr)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (Mr)	Calificación		
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización de la estructura	1.1. Alteración de la estructura.	-	1	0,19	0,9	0,69	4,917	Irrelevante o moderado	Bajo
				1.2. Mayor influencia en la remoción en masa.	-	1	0,19	0,9	0,69	4,917	Irrelevante o moderado	Bajo
	Permeabilidad	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal	1.1. Reducción de la permeabilidad	-	1	1	1	0,99	9,93	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1. Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas.	1.1. Mayor posibilidad de contaminación del suelo y del agua.	-	1	1	1	1	10	Grave	Alta
		Explotación de carbón.	1. Desestabilización del suelo	1.1. Reducción de la permeabilidad	-	1	1	0,99	1	9,93	Grave	Alta
				1.2. Mayor influencia en la remoción en masa.	-	1	1	0,99	1	9,93	Grave	Alta
Cobertura	Árboles y zonas verdes	Construcciones de viviendas y vías.	1. Eliminación de la cobertura vegetal y tala de árboles.	1.1. Ausencia de cobertura vegetal.	-	1	1	0,99	1	9,93	Grave	Alta
				1.2. Alteración del hábitat de las plantas	-	1	1	0,99	1	9,93	Grave	Alta
				1.3. Propagación de la erosión y aumento de deslizamiento	-	1	1	0,99	1	9,93	Grave	Alta
		Realización de actividades domésticas.	1. Generación y manejo inadecuado de residuos sólidos y aguas domésticas.	1.1. Alteración del hábitat de la fauna y flora.	-	1	1	0,99	0,9	9,237	Grave	Alta
		Explotación de carbón.	1. Eliminación de la cobertura vegetal y tala de árboles.	1.1. Alteración del hábitat de la fauna y flora.	-	1	0,99	0,99	0,9	9,207	Grave	Alta
			2. Desestabilización de la cobertura vegetal.	2.1. Mayor influencia en los movimientos de remoción en masa.	-	1	0,99	0,99	0,9	9,207	Grave	Alta

Fuente: elaboración propia utilizando el método de las Empresas Públicas de Medellín.

Tomando como referencia la evaluación de la fragilidad ambiental presentada en la tabla 19 y con base a los criterios de las EPM de la tabla 3 referenciados en la metodología de este estudio, se contabilizaron los impactos o afectaciones y de acuerdo a su resultado se ubicaron en tres niveles de fragilidad ambiental: Alta, Media y Baja según el caso para cada elemento ambiental. Estos resultados se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Niveles de afectación de los elementos ambientales por el método de las Empresas Públicas de Medellín – EPM.

Relieve			Suelo			Cobertura		
Nivel de fragilidad ambiental	Número de impactos	Porcentaje de afectación %	Nivel de fragilidad ambiental	Número de impactos	%	Nivel de fragilidad ambiental	Número de impactos	%
Bajo	5	35,71%	Bajo	3	13,64%	Bajo	0	0,00%
Medio	0	0,00%	Medio	2	9,09%	Medio	0	0,00%
Alto	9	64,29%	Alto	17	77,27%	Alto	6	100,00%
Total, impactos	14	100,00%	Total, impactos	22	100,00%	Total, impactos	6	100,00%

Fuente: elaboración propia.

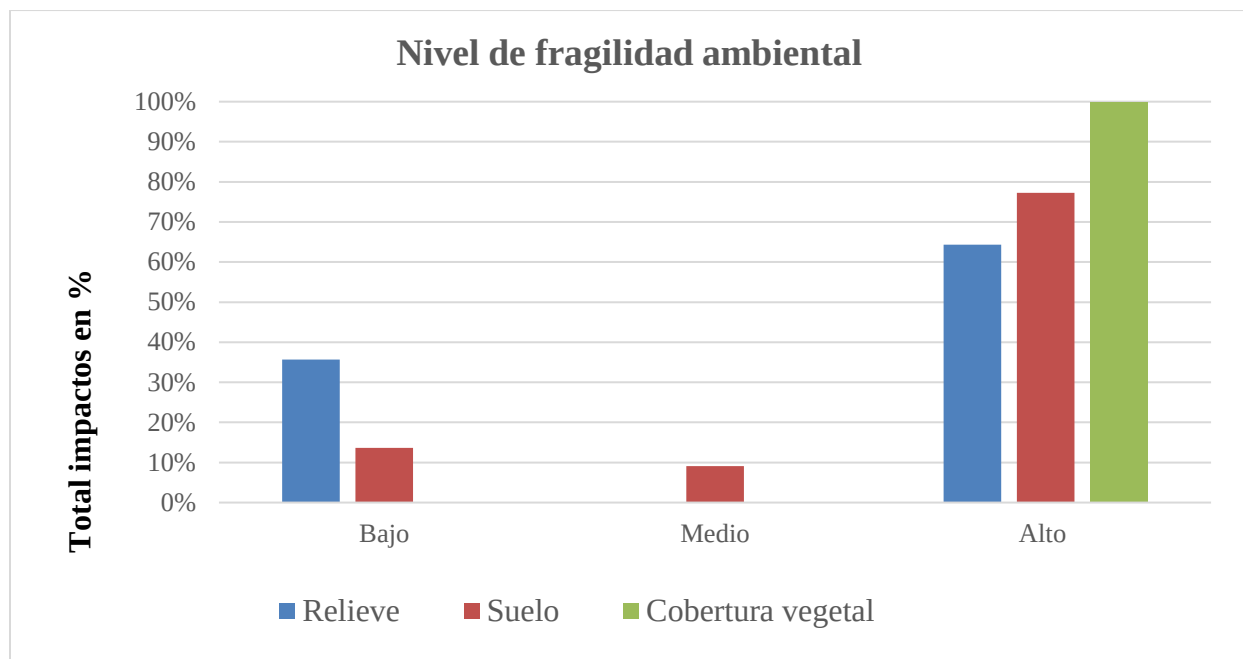


Gráfico 5. Niveles de fragilidad de los elementos ambientales.

Del grafico 5 se analiza que:

El relieve, presenta el 64.29% de afectación alta por las actividades antrópicas y el 35,71% presenta afectación baja.

El suelo presenta el 74.07% de afectación alta por las actividades antrópicas, el 11,11% presenta afectación media y el 14,81 afectación baja.

La cobertura presenta el 100% de afectación alta por las actividades antrópicas.

En el año 2014 la comuna 20 hizo parte del proyecto del censo arbóreo desarrollado por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - DAGMA, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y la Universidad Autónoma de Occidente – UAO (Plan de desarrollo de la comuna 20, 2016-2019), dando como resultado una población arbórea para esta comuna de 988 especímenes, lo que equivale a 9,88 árboles por cada 100 habitante, cifra muy inferior a lo establecido por la Organización Mundial de Salud – OMS, la cual establece que debe existir un (1) árbol por cada 3 habitantes. Esto significa que existe un déficit de árboles que limitan la actividad física, la integración social, los servicios ambientales como el control de la temperatura urbana, captura de carbono, mejoramiento de la calidad del aire, la protección de la

biodiversidad, la reducción de la erosión, el ahorro de energía, el control de ruidos, entre otros (Reyes, 2011; Flores, 2011).

Vulnerabilidad ambiental

La vulnerabilidad ambiental es definida como el nivel de fragilidad o deterioro que pueden presentar los elementos ambientales (relieve, suelo, agua, aire, biótico (fauna, flora), etc), por la exposición ante el desarrollo de actividades antrópicas. Para determinar la vulnerabilidad ambiental se realizó un cruce entre el porcentaje de exposición del elemento ambiental y el porcentaje de afectación que este sufrió por estar expuesto a las actividades antrópicas. Para esto, se establecieron tres niveles (Alto, Medio y Bajo) como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Niveles de Vulnerabilidad ambiental usados en el presente trabajo.

Nivel de vulnerabilidad	Valor asignado	
Baja	≤ 3	Los elementos ambientales presentan poca o nula exposición y afectación por las actividades antrópicas.
Media	>3 y <6	Los elementos ambientales están parcialmente expuestos y afectados por las actividades antrópicas.
Alta	>6	Los elementos ambientales están altamente expuestos y afectados constantemente por las actividades antrópicas.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Cruce entre la exposición y la fragilidad ambiental de los elementos ambientales ante las actividades antrópicas.

Elemento ambiental	Categoría	Exposición	Fragilidad ambiental
Relieve	Baja	9,96%	37,71%
	Media	4,83%	0%
	Alta	85,21%	64,29%
Suelo	Baja	9,96%	13,64%
	Media	4,83%	9,09%
	Alta	85,21%	77,27%
Cobertura vegetal	Baja	9,96%	0%
	Media	0%	0%
	Alta	90,04%	100%

Fuente: elaboración propia.

Para estimar la vulnerabilidad ambiental se le asignó un valor a cada nivel de exposición y fragilidad ambiental, entre 1 y 3, así: Bajo 1, Medio 2 y Alto 3. Con estos valores y de acuerdo a los resultados de la tabla 22, se utilizó la ecuación 2 para determinar la vulnerabilidad ambiental.

Posteriormente se realizó (en ArcGis 10.5) la superposición de los resultados y se obtuvo el mapa presentado en el gráfico 6, con el objetivo de visualizar espacialmente la vulnerabilidad ambiental.

$$\text{Ecuación 1. } V_A = (E \cdot E * FA \cdot E) / (C_P \text{ o } C_I)$$

Para el caso de estudio no fue posible determinar las capacidades propias (C_P), ni las instaladas (C_I), dado que su evaluación requiere mayores periodos de tiempo para realizar comparaciones con otras áreas de estudio o ecosistemas y observar cómo se comportan dichas capacidades y como evolucionan. Sin embargo, se deja planteada la ecuación para que sea tomada en cuenta en futuros estudios. En este sentido, para la presente investigación se utilizó la ecuación 2.

$$\text{Ecuación 2. } V_A = (E \cdot E * FA \cdot E)$$

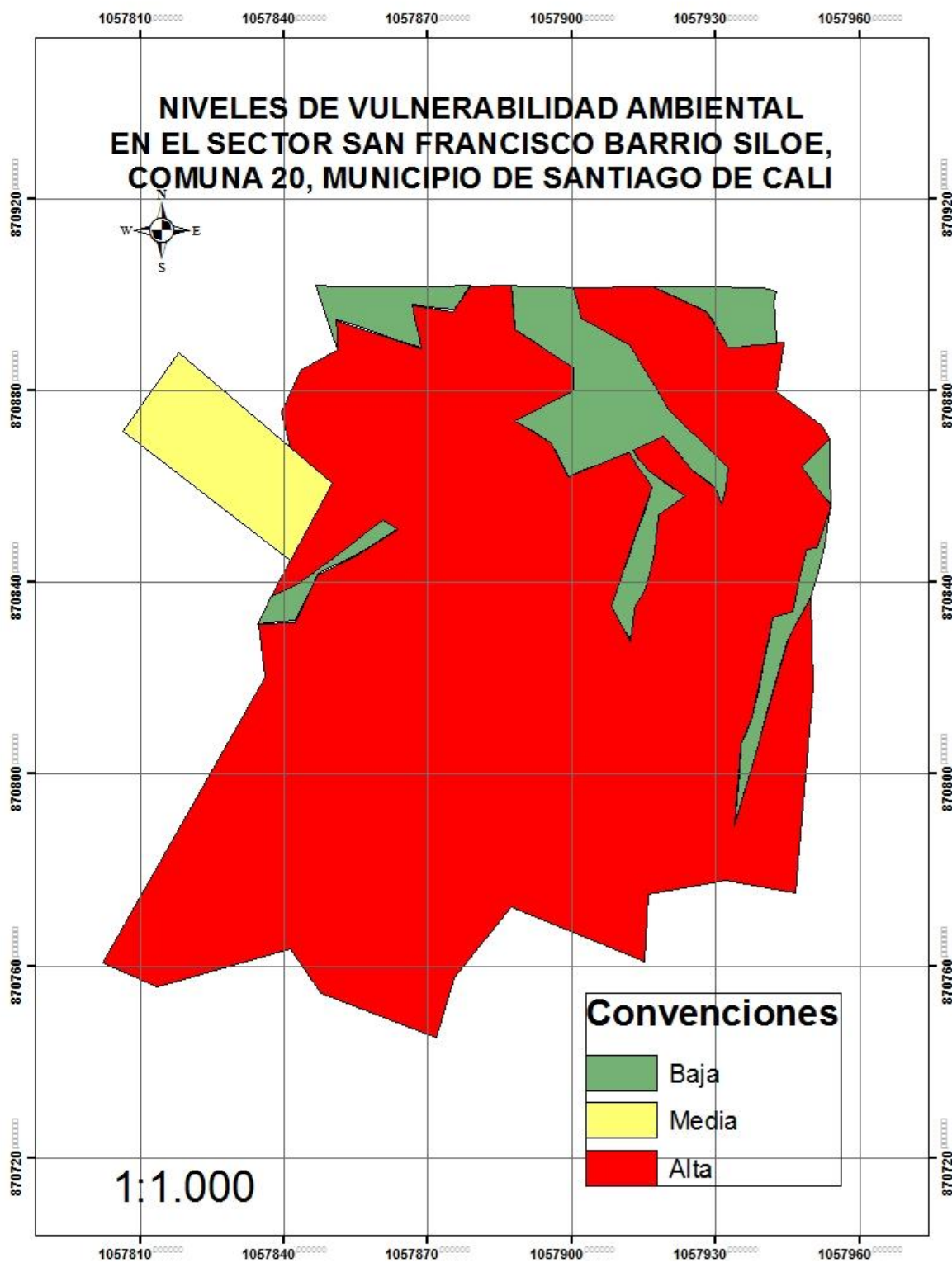


Gráfico 6. Representación de los niveles de vulnerabilidad ambiental en el Sector San Francisco.

De acuerdo a los resultados presentados en el gráfico 6, se puede observar que la vulnerabilidad ambiental del sector San Francisco es alta para el 84% (1,42 hectáreas) del área total de estudio, media para 4,76% (0,08) y baja para el 11,24% (0,19), respectivamente.

La vulnerabilidad ambiental alta, significa que los elementos ambientales escogidos para el estudio están altamente expuestos y son afectados constantemente por las actividades antrópicas que desarrollan los habitantes del sector San Francisco. Estas afectaciones están asociadas al lavado y compactación del suelo y a las alteraciones de las formas del relieve.

Por lo anterior, la zona de alta vulnerabilidad ambiental requiere una evaluación de capacidad de cargas para determinar las zonas donde la localización de viviendas que en este caso es la actividad de mayor impacto en la zona, requiere ser reducida para evitar futuros movimientos en masa como ya han ocurrido y han generado pérdidas no solo de bienes materiales sino de vidas.

La vulnerabilidad ambiental media corresponde al área plana donde se encuentra ubicada la cancha de fútbol cuya principal afectación es la compactación y lavado del suelo.

La vulnerabilidad ambiental baja, está representada por los árboles del sector Francisco. Los cuales, están por debajo del número de árboles establecido por la Organización Mundial de Salud – OMS, la cual establece que debe existir un (1) árbol por cada 3 habitantes.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De la revisión del estado del arte de la vulnerabilidad ambiental, se encontró en algunos casos que existe una relación directa entre variables ambientales y las actividades antrópicas y en otros, las afectaciones causadas a dichas variables son tomadas aisladas de las actividades antrópicas, evidenciándose la falta de consenso sobre su conceptualización, sus componentes y las metodologías para su estimación. Lo cual indica que existe una brecha de conocimiento en el tema.

Como vulnerabilidad ambiental se estableció el grado de fragilidad o deterioro que pueden presentar los elementos ambientales (relieve, suelo, agua, aire, fauna, flora, etc), por la exposición ante el desarrollo de actividades antrópicas. Esta vulnerabilidad está conformada por la exposición, la fragilidad ambiental, los elementos ambientales, las actividades humanas y las capacidades propias e instaladas que tienen los diversos elementos ambientales expuestos a determinadas manifestaciones de las amenazas de origen antrópico.

La vulnerabilidad ambiental implica identificar cómo lugares o espacios físicos naturales expuestos a iguales o diferentes actividades antrópicas tienen posibilidades diferentes de sufrir daños o alteraciones considerando su magnitud y velocidad en la afectación. Esto obedece a la exposición como componente determinante de la vulnerabilidad y a la resistencia ambiental (aspecto que requiere estudios de profundidad) que poseen ciertos elementos ambientales frente al impacto de las actividades antrópicas cuya diferencia será la severidad de una actividad determinada. El problema radica en identificar los factores antrópicos que localmente influyen en la degradación del medio físico y con base en estos orientar su gestión.

Para determinar la vulnerabilidad ambiental se escogieron tres (3) elementos ambientales (suelo, relieve y cobertura vegetal), expuestos a tres (3) actividades antrópicas en la zona de estudio. Estas actividades se identificaron en directas (construcciones de viviendas y vías y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos) e indirecta (explotación de las minas de carbón en la parte baja del barrio Siloé).

Posteriormente, se calculó la exposición de cada elemento ambiental y la afectación de estos frente a las actividades antrópicas, es decir, la fragilidad ambiental. Luego, se realizó una superposición de los resultados de la exposición y la fragilidad encontrándose que la vulnerabilidad ambiental es alta para el 84% del área total de estudio, media para el 0,08% y baja para el 0,19% respectivamente. Esto muestra que el desarrollo de las actividades antrópicas sin mecanismo de regulación o planificación afecta a los elementos ambientales limitando que estos, se sobrepongan a los efectos adversos que le pueden llegar a generar ciertas actividades humanas. Razón por la cual, la planificación urbana requiere estudios de los elementos ambientales y de acuerdo a los resultados orientar la ubicación de las construcciones para evitar la degradación de dichos elementos y reducir los riesgos ambientales que se puedan llegar a presentar.

La afectación de los elementos ambientales por las actividades antrópicas la arrojó la caracterización física donde se encontró que el suelo presenta textura franco-arcillosa y un alto valor de Diámetro Ponderado Medio, características que le confieren al suelo una distribución de tamaño de partículas entre grandes y pequeñas que le permite una buena aireación, drenaje interno y capacidad de retención de agua. Sin embargo, debido a que este análisis fue muy básico con tres muestras se requiere un estudio detallado donde se incluyan otras variables físicas para poder determinar la afectación del elemento suelo con mayor precisión.

La razón de la conformación del barrio Siloé y de sus sectores estuvo ligada a la explotación de minería de carbón, por un lado. Actividad que produjo que los mineros habitaran la ladera de tal manera de que ellos pudieran vivir cerca de su área de trabajo para vigilar las minas y no tener que movilizarse grandes distancias. Por el otro lado, la ausencia de normas en materia de planificación por parte de las autoridades municipales también influyó en que la ladera fuera habitada de forma desordenada y sin contemplar los estudios y mecanismos necesarios para conocer el tipo de actividades que se podían desarrollar en la misma.

Con la presente investigación se evidenció la complejidad que surge al determinar las afectaciones que causan las actividades antrópicas al ambiente, lo cual requiere el uso e integración de varias metodologías para acercarse lo más posible al valor real de dichas afectaciones. Como ocurrió en esta investigación, donde se utilizó la metodología de evaluación de impactos ambientales de las

Empresas Públicas de Medellín, análisis de suelo y sistemas de información geográficos para determinar la vulnerabilidad ambiental.

También se evidenció que la población que suele ubicarse en zonas de ladera, continúa siendo las de estrato 1 y dificultades económicas, que, si bien reconocen que estas zonas representan algún tipo de riesgo para sus bienes y su propia vida, termina aceptando permanecer en ella.

Por último, se espera que los resultados encontrados en esta investigación impulsen la continuación de estudios de la vulnerabilidad ambiental como línea de investigación de gestión integral del riesgo.

5.2. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se sugiere incluir el estudio de los cambios de los elementos ambientales del medio físico dentro de su ciclo natural para determinar los niveles de resistencia o capacidades de los elementos ambientales cuando están expuestos a las afectaciones antrópicas, para establecer una escala de resistencia y con base en esto, tener conocimiento de los límites de afectación para no agotar las capacidades propias de los elementos ambientales.

Lo anterior, teniendo en cuenta que esta tesis no contó con recursos económicos para realizar análisis (pruebas de laboratorio y campo) detallado de los elementos ambientales para evaluar las afectaciones. Por ejemplo, para el caso del suelo se recomienda ampliar las variables para el análisis físico e incluir factores climáticos para determinar la erosión del suelo.

La estimación de la vulnerabilidad ambiental para el caso de estudio implicó el uso de metodologías de evaluación cualitativa para determinar las afectaciones de los elementos ambientales ante las actividades que desarrolla la población, debido a la falta de recursos para realizar mediciones en campo y las condiciones de inseguridad del sector. En este sentido, se sugiere incluir el uso de metodologías cuantitativas, contar con recursos económicos disponibles para realizar mediciones en campo o pruebas de laboratorio o la combinación de ambos tipos de metodologías para evaluar las afectaciones de todos los elementos ambientales que se seleccionen para el estudio y mayores periodos de tiempo para poder hacer comparaciones de la evolución de las afectaciones que pueden sufrir los elementos ambientales.

También, se sugiere utilizar la metodología de lógica difusa para evaluar la vulnerabilidad ambiental y comparar estrategias para su evaluación.

Para la zona que presenta alta vulnerabilidad ambiental, se sugiere estudiar la posibilidad de ser destinada para la preservación de especies nativas de fauna y flora y a futuro gestionar su integración a los corredores biológicos de la ciudad.

También se recomienda realizar estudios para orientar la planificación urbana del sector, donde se aproveche la ubicación estratégica de la zona para ubicar actividades que no afecte el buen funcionamiento de los elementos ambientales, como zona turística, corredor nocturno, etc.

Para mejorar el manejo inadecuado de residuos sólidos se sugiere diseñar una estrategia de separación en la fuente y recolección de los residuos con inclusión de los habitantes del sector, el prestador del servicio público de aseo y la alcaldía de Santiago de Cali para que la estrategia sea sostenible. De igual forma, vincular a otros actores que puedan contribuir a resolver la problemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alberto, Jorge. (2009). Vulnerabilidad ambiental. Resultante de la ocupación de los espacios rurales con fines urbanos. Editorial Universitaria, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. Recuperado de:
<http://hum.unne.edu.ar/publicaciones/instGeo/digitales/vulnerabilidades/archivos/cap3.pdf>

Alberto, Juan. (2009). Vulnerabilidad ecológica. Entre lo Ambiental y lo Social. El Caso del Área Metropolitana del Gran Resistencia. Editorial Universitaria, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. Recuperado de:
<http://hum.unne.edu.ar/publicaciones/instGeo/digitales/vulnerabilidades/archivos/cap4.pdf>

Alberto, Juan. (2005). El Crecimiento Urbano y su Incidencia en la Vulnerabilidad Ambiental y Social. Instituto de Geografía. Facultad de Humanidades. UNNE. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas 2005. Av. Las Heras 727. (3500) Resistencia. Chaco. Argentina. Tel/Fax: (03722) 446958.

Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín Colombia.

Aznar, A. (200). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III. Avd. de la Universidad 30. 28911-Leganés. Recuperado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Blaikie, P; Cannon, T; David, I; y Wisner, B. (1996). Vulnerabilidad: Entornos social, político y económico de los desastres. Las Red de Estudios Sociales, en prevención de Desastres en América Latina. Primera Edición: Julio de 1996. P.14.

Cáncer, L. (1999). La degradación y la protección del paisaje. Cátedra geografía menos. Madrid.

Cifuentes, G. (2008). El medio ambiente Un concepto jurídico indeterminado en Colombia. Justicia Juris, ISSN 1692-8571, Vol 9. Abril-septiembre 2008. Pág 37-49. Disponible en: https://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/revistas_cientificas/juris/volumen-5-no-9/art-4.pdf

Correia, M. (2014). Concepções de futuras professoras do ensino básico acerca do ambiente, da educação ambiental e das estratégias didáticas em educação ambiental. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 16, 15p-29p

Decreto 32967 de 2006. Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA) - Parte III, sobre planificación de uso del suelo. Expido por el Ministerio de Ambiente y Energía de la republica de Costa Rica.

Déniz, F. (2010). Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa. Recuperado de: https://acceda.ulpgc.es:8443/bitstream/10553/4858/2/0622200_00000_0000.pdf

Departamento Administrativo de Planeación municipal. (1994). Diseño definitivo de obras para mitigación de riesgos naturales en la comuna 20. Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2008). Plan de Desarrollo (2008-2011). Para vivir la vida dignamente. Caracterización socioeconómica de la comuna 20. Alcaldía de Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2010). Fotografía área de la comuna 20, municipio de Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2014). Cartografía del Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago de Cali, adoptado mediante Acuerdo 0373 de 2014.

- Departamento Administrativo de Planeación Municipal & Universidad del Valle. (2015). Diagnostico socioeconómico del municipio de Santiago de Cali. ISBN: 978-958-59368-1-2.
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal (2015). Planes de desarrollo de comunas y corregimientos 2016-2019. Comuna 20. Convenio Interadministrativo con la Universidad del Valle 4132.0.27.1-002 – del 17 de abril de 2015.
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2016). Cali en cifras. ISSN 2011-4044. Edificio CAM - Torre Alcaldía - Piso 10. PBX: 668 91 04 - Fax: 889 56 30. Santiago de Cali. Recuperado de:
http://www.cali.gov.co/publicaciones/107143/cali_en_cifras_planeacion/
- Felícísimo, A (2012). Descripción y análisis del relieve, capítulo 4. Recuperado de:
http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_4.pdf
- Fernández, A (2012). El agua: un recurso esencial Química Viva, vol. 11, núm. 3, diciembre, 2012, pp. 147-170 Universidad de Buenos Aires Buenos Aires, Argentina. Recuperado de:
<http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fernández, R et al (1999). Parte II, vulnerabilidad ambiental y aspectos socio-territoriales en Mar del Plata. Libro Territorios, Sociedad y Desarrollo Sustentable. Estudio de sustentabilidad urbana. Centro de Investigación Ambiental-CIAM. Argentina.
- Flores, S. (2011). Informe final de práctica profesional: Estimación de biodiversidad urbana para la región Metropolitana. Santiago, Chile: Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile.
- García, A. (2004). El ABC de la Gestión de Riesgos. Editado en las Oficinas de Centro Humboldt. Recuperado de: www.humboldt.org.ni

Gaspari, F; Rodríguez, A; Delgado, M; Senisterra, G; Denegri, G. (2011). Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG. *Multequina*, vol. 20, no 1, p. 03-13. Cátedra de Economía y Legislación Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. CONICET, CCT La Plata. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42824203001>

Gómez, J. (2001). Vulnerabilidad y Medio Ambiente. División de medio ambiente y asentamientos humanos CEPAL. En el diseño de un índice de vulnerabilidad ambiental. Seminario Internacional. Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 20 y 21 de junio de 2001. 1. Segnestam y otros (2000); *Developing Indicators, Lessons Learned from Central América* y 2. Kaly et al. (1999).

González, E. (1999). El ambiente: Mucho más que ecología. Publicado en el Suplemento Niños de El Universal, el 30 de mayo de 1999.

Herzer H y Gurevich R (1996). Degradación y desastres: parecidos y diferentes: tres casos para pensar y algunas dudas para plantear. *Ciudades en riesgo: Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina*. Fernández M. (Compiladora). Recuperado de <http://www.desenredando.org> 75

Jordão, C y Moretto, E. (2015). The environmental vulnerability and the territorial planning of the sugarcane cultivation. *Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVIII*, n. 1. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2015000100006&script=sci_arttext

Lavell, A (1994). Capítulo. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una Agenda de investigación. *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina. Soluciones Prácticas*. Compiladora Fernández, M. A. (1996).

Ley 1523 del 2012. Por medio del 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. Expedida por el congreso de la república de Colombia. 24 de abril del 2012.

López, D. (1994). El medio ambiente (No. P01 228). Ediciones Cátedra, S.A. Fuenlabrada, Madrid.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Resolución 610 de 2010 “Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”, relacionada con la calidad del aire en Colombia.

Noguera, A. (2011). Las potencias del olvido en el habitar ambiental *A Carlos Augusto Ángel Maya, Maestro del Pensamiento Ambiental, Manizales, 1933 – Cali, 2010.

Osorio, S. (2010). La Plasticidad del Suelo - Límites de Atterberg. Recuperado de: <http://geotecnia-sor.blogspot.com.co/2010/11/plasticidad-del-suelo-limites-de.html>

Oswald Spring, Ú., Serrano Oswald, S. E., Estrada Álvarez, A., Flores Palacios, F., Ríos Everardo, M., Brauch, H. G., & Cruz, M. (2014). Vulnerabilidad social y género entre migrantes ambientales. Cuernavaca: CRIM, DGAPA-UNAM (en prensa).[Links].

Peña, E. (2007). Calidad del agua. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Recuperado <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>

Pérez, A. (2012). La integración de la gestión de riesgos en la gestión del desarrollo local desde la perspectiva de la vulnerabilidad ambiental en los territorios. Revista DELOS- Desarrollo Local Sostenible, grupo Eumed.net y Red Académica.

Pla, I. (1983). Metodologías para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Revista de la Facultad de Agronomía. Alcance N° 32. Universidad Central de Venezuela. 91p.

- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. vol. 9, núm. 2, agosto, 2006, pp. 27-41. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia
- Reyes, S. (2011). Presentación. Ecología y Biodiversidad: Indicadores y estándares para las ciudades chilenas. Santiago de Chile.
- Ruíz, A. (2016). libro espacio y poblamiento en la ladera suroccidental de Cali, sector Siloé, décadas 1910 – 2010. I. Oteando el territorio “Minas de carbón: tránsito de una zona rural a una vida urbana”, Pag 79-80. ISBN: 978-958-765 -139-3. Universidad del Valle.
- Sánchez, G. (2017). Fotografía 1, participación en reuniones de la Mesa de Mujeres de la Comuna 20.
- Sosa, M. (2012). ¿Cómo entender el territorio? Primera edición. ed. Belinda Ramos Muñoz. – Guatemala: URL; Editorial Cara Parens. xi, 131 p. (Colección Documentos para el debate y la formación, No. 4) ISBN: 978-9929-54-002-6. Universidad Rafael Landívar.
- Spradley, J. (1980). Participant observation. Holt, Rinehart and Winston, New York, New York, 1979.
- Suárez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Colombia.
- Subsecretaría Territorios de Inclusión y Oportunidades. (2016). Participación en el taller de identificación de actividades económicas.
- Unitet States Departament of Agriculture (USDA). 1999. Soil Quality Test Kit Guide. Washington D.C.
- Vargas, G. (2012). ESPACIO Y TERRITORIO EN EL ANÁLISIS GEOGRÁFICO. Reflexiones, vol. 91, núm. 1, 2012, pp. 313-326. Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica.

- Vallejo, M & Vélez, J (2001). Sistema de Riesgo, una Propuesta Metodológica para el Estudio de los Desastres: Caso Comuna 1 y 20 de Santiago de Cali (Tesis de grado). Universidad del Valle, Cali Colombia.
- Vélez, J. (2009). Reducción de la Vulnerabilidad Social: Una Propuesta de Acción para la Gestión Local del Riesgo. Caso Comuna 20 de Santiago de Cali. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Colombia.
- Wang, X, Zhong, X; Liu, S; Liu, J; Wang, Z y Li, M. (2008). Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments* 72 (2008) 1929– 1939.
- Wilches, G. (1993). La vulnerabilidad global. Maskrey, A. los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Zou T y Yoshino K (2017). Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. *Ecological indicators*.

ANEXOS:

Anexo 1. Matriz identificación de elementos ambientales seleccionados para determinar la vulnerabilidad ambiental y actividades antrópicas realizadas en el sector San Francisco.

Elemento ambiental	Componente	Variable	Característica

Actividades directas	Descripción	Actividades indirectas	Descripción

Anexo 2. Matriz identificación de las posibles alteraciones o cambios que pueden sufrir los elementos ambientales ante el desarrollo de las actividades antrópicas en la zona de estudio.

Elemento ambiental	Variable	Actividades antrópicas	Efecto	Impacto-afectación