



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR
CONDENSACIÓN DE BIOGÁS EN CIUDAD
SANTA FE, CIUDAD DE MÉXICO**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA :

GARCÍA SALDAÑA ALFONSO GILBERTO



DIRECTORA DE TESIS:

MTRA. FRANCO GONZÁLEZ ANGÉLICA MARGARITA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

넌 잘 하고 있어

STK

Agradecimientos

Los profesionistas no se forman de la noche a la mañana, necesitan de momentos y personas que van a allá de lo académico, por lo cual mi familia siempre ha sido y será mi soporte, mi apoyo incondicional, mi vida.

Quiero agradecer a esa bonita familia, especialmente a dos personas insuperables y admirables, mis padres; ellos me han demostrado una valentía y una superación inalcanzable que va más allá del ámbito académico, me han enseñado que no todo es fácil y se debe pelear duro con la vida para alcanzarlo. Ellos son mis héroes. Los amo.

A mis hermanos, que siempre han estado ahí apoyándome y motivándome a prepararme en áreas diferentes a la mía para enriquecer mis horizontes. A mi amiga y cuñada Brenda, que cada vez que hablamos me motiva a superarme y siempre ha sido mi compañera académica por la similitud de nuestras carreras. También, quiero agradecer especialmente a mi pequeña Sara, que a pesar de tener una edad muy corta a logrado muchos cambios en la familia y no podía faltar mi Panky, mi amiguito especial.

Los amo y los admiro a todos y cada uno de ustedes por la huella que han dejado en mí. Sin ustedes no sería lo que soy ahora. En serio. Gracias.

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme formar parte de su alumnado, es un orgullo para mí decir que formé parte de sus aulas fue muy difícil para mí entrar, pero nunca imposible. La universidad no solo me ayudo a crecer como profesionista, sino como persona, he aprendido muchas cosas dentro de sus instalaciones y estoy infinitamente agradecido por ello. Puedo atreverme a decir que la UNAM cambio mi vida.

A la Mtra. Angélica Margarita Franco Gonzales, por todas sus enseñanzas y los conocimientos compartidos, es admirable la tarea que realiza como profesora y especialmente como asesora de tesis. Muchas gracias profesora.

Al Mtro. José Santos Morales Hernández por darme la oportunidad de compartir clases con él como profesor adjunto, donde no solo aprendí a tener más seguridad de mi mismo en público, también, las diferentes experiencias como profesor y la bonita labor de ejercer ese puesto. Gracias.

A mi sinodales: Mtro. José Santos Morales Hernández, Mtro. Jorge Enríquez Hernández, Dra. María de Lourdes Rodríguez Gamiño y Dra. Naxhelli Ruiz Rivera, por tomarse el tiempo de

leer este proyecto y aportar con comentarios y sugerencias para enriquecer el mismo. Muchas gracias.

A mis compañeros de universidad con los que compartía vivencias, experiencias y mucho apoyo, especialmente a Mariana e Itzel, por siempre estar para mí con sus bonitos consejos y su apoyo incondicional. Además, a mi amiga de infancia Brenda, que, a pesar de no estar siempre en contacto, sé que puedo contar con ella siempre. Infinitas gracias para ustedes.

Índice

Índice	1
Índice de ilustraciones y tablas.....	3
Introducción.....	5
CAPÍTULO 1 Marco teórico – metodológico de riesgos y vulnerabilidad	11
1.1 Posturas teóricas y antecedentes histórico – sociales para la evaluación de riesgos	11
1.2 Clasificación de riesgos	14
1.3 Marco histórico.....	16
1.4 Planteamiento metodológico.....	19
1.5 Etapas de la investigación	23
CAPÍTULO 2 Diagnóstico y caracterización de la zona de estudio.....	25
2.1 Diagnóstico medio ambiental.....	25
2.2 Unidades de Valoración Ambiental.....	26
2.3 Valoración ambiental.....	30
2.3.1 Geosistema.....	30
2.3.2 Problemáticas ambientales	35
2.3.2.1 Uso de suelo.....	35
2.3.2.2 Emisión de contaminantes	39
2.3.2.3 Contaminación por la presencia del relleno sanitario Prados de la Montaña	41
2.3.2.4 Contaminación auditiva	44
2.3.2.5 Basura.....	48
2.3.2.6 Matrices de conflicto	49
2.3.3 Matriz de Leopold	52
2.3.4 Mapa de Unidades de Valoración Ambiental (Método ambiental).....	54
2.4 Valoración morfo estructural	56
CAPÍTULO 3 Evaluación de amenazas y vulnerabilidad relacionados con la presencia de biogás	61
3.1 Análisis de amenazas	61
3.1.1 Estimación de amenazas relacionados con mecánica de suelos.....	61
3.1.1.1 Generalidades.....	62
3.1.1.2 Factores formadores y evolución del suelo.....	63

3.1.1.3	Perfiles de suelo y estratigrafía	65
3.1.1.4	Mecánica de suelos.....	68
3.1.2	Estimación de amenazas por inestabilidad de ladera	69
3.1.2.1	Factores condicionantes del terreno	72
3.1.2.2	Consecuencias producidas por el deslizamiento de ladera.....	75
3.1.3	Amenaza de rellenos sanitarios en zonas urbanas por acumulación de biogás	75
3.1.3.1	Tipos de generación de biogás	76
3.1.3.2	Estudios previos de colocación de un relleno.....	78
3.1.3.3	Consideraciones en cuanto a análisis de riesgos geoquímicos	80
3.1.3.4	Aplicación de fórmulas de rendimiento	83
3.1.4	Amenaza total.....	85
3.1.4.1	Caracterización de la zona de estudio.....	86
3.1.4.2	Mapa de amenazas	87
3.2	Análisis de vulnerabilidad.....	90
3.2.1	Cálculo de vulnerabilidad en la zona de estudio.....	90
3.2.2	Análisis multivariable para población expuesta	93
3.2.3	Evaluación final de vulnerabilidad	98
3.2.3.1	Variables económicas.....	98
3.2.3.2	Variables sociales.....	101
3.2.3.3	Variables urbanas.....	105
3.2.3.4	Variables ambientales.....	108
3.2.4	Vulnerabilidad total	111
Discusión	114
Conclusiones	123
Referencias	125
Anexos	130
Marco jurídico		130
Documento de apoyo en campo para evaluación ambiental		133

Índice de ilustraciones y tablas

Diagramas

Diagrama 1. Cuadro metodológico para la valoración de riesgo geoquímico en zonas urbanas. Elaboración propia.....	22
Diagrama 2. Proceso metodológico por etapas para la zonificación de riesgos por explosión de biogás. Elaboración propia.....	24
Diagrama 3. Metodología de Unidades de Valoración Ambiental adaptado para el estudio de Ciudad Santa Fe. Elaboración propia.....	28
Diagrama 4. Geosistema aplicado a zonas urbanas de Ciudad Santa Fe. Elaboración propia.....	33

Fórmulas

Fórmula 1. Cálculo de riesgo.....	13
Fórmula 2. Cálculo de generación de biogás (método simple).....	83
Fórmula 4. Formula de susceptibilidad y riesgo.....	93

Fotografías

Fotografía 1. Zona de relleno expuesto no regulado en Av. Vasco de Quiroga, Ciudad Santa Fe. Autoría propia 01-07-2019.....	43
Fotografía 2. Basura encontrada en Av. Santa Fe, cercana a ZEDEC. Autoría propia 01-07-2019.	48
Fotografía 3. Manejo de laderas inestables en la Av. Vasco de Quiroga en la Ciudad Santa Fe.....	71
Fotografía 4. Relleno sanitario Prados de la Montaña 1980. Cortesía de la Ing. Marcela Canedo...	85

Ilustración

Ilustración 1. Línea cronológica de la Historia Ambiental de Ciudad Santa Fe.....	18
Ilustración 2. Distribución espacial de las emisiones de CH ₄ (Gas metano), en la Ciudad de México con base en el Inventario de Emisiones 2016.....	41
Ilustración 3. Nivel sonoro de decibeles emitidos por diferentes factores. OSMAN (2010) Ruido y salud, Guías profesionales, Andalucía.....	45
Ilustración 4. Perfil de suelo residual. Generalmente presenta la clasificación en 6 horizontes, que van del I al VI consecutivamente. Planteado por Duque, 2016.....	63
Ilustración 5. Distintas formaciones de suelo. Planteado por Duque, 2016.....	65

Ilustración 6. Perfil estratigráfico longitudinal de Ciudad Santa Fe. Escala 1:1000. Elaboración propia.	66
Ilustración 7. Perfil estratigráfico longitudinal de Ciudad Santa Fe con referencia a los edificios presentes y a las zonas de relleno sanitario. Escala 1:1000. Elaboración propia.	68
Ilustración 8. Resiliencia urbana en Ciudad Santa Fe. Fotografía tomada de: https://nacionunida.com/2018/08/13/reparar-deslave-santa-fe-edificios-lujo-desvian-fondos-los-damnificados-del-sismo-del-19-septiembre/ el 06/10/2019	91
Ilustración 9. Adaptación del Modelo de Altman para el cálculo de vulnerabilidad aparente.	94

Mapas

Mapa 1. Uso de suelo en Ciudad Santa Fe para el año 2009.	38
Mapa 2. Contaminación auditiva en Ciudad Santa Fe.	47
Mapa 3. Unidades de Valoración Ambiental (Método Ambiental), Ciudad Santa Fe	55
Mapa 4. Unidades de Valoración Ambiental (Método morfo estructural), Ciudad Santa Fe.	59
Mapa 5. Áreas históricas de minas y canteras desde 1970 a 1999. Ciudad Santa Fe.	74
Mapa 6. Sitios de disposición final desde 1970 a 1999. Ciudad Santa Fe.	82
Mapa 7. Áreas amenazadas relacionadas con biogás por manzana, 2019. Ciudad Santa Fe.	89
Mapa 8. Vulnerabilidad Económica, 2019.	100
Mapa 9. Vulnerabilidad social, 2019	104
Mapa 10. Vulnerabilidad urbana, 2019.	107
Mapa 11. Vulnerabilidad ambiental, 2019	110
Mapa 12. Vulnerabilidad total, 2019. Ciudad Santa Fe	112
Mapa 13. Riesgos relacionados con biogás 2019. Ciudad Santa Fe	119

Tablas

Tabla 1. Adaptación de la clasificación de riesgos de Olcina Campos y Calvo García.	14
Tabla 2. Tabla de indicadores para la evaluación de UVA's. Fuente Inafed 2005.	29
Tabla 3. Tabla de problemáticas ambientales valorada con puntos de 1 a 3.	50
Tabla 4. Matriz de conflictos ambientales valorada del 0 al 10, utilizando la delimitación por unidades de valorización ambiental en la primera fila de la tabla	51
Tabla 5. Matriz de Leopold de Ciudad Santa Fe	53
Tabla 6. Ponderación de variables de vulnerabilidad.	97
Tabla 7. Indicadores de vulnerabilidad económica (Adaptación Modelo de Altman).	99
Tabla 8. Indicadores de vulnerabilidad social	102
Tabla 9. Indicadores de vulnerabilidad urbana.	106
Tabla 10. Indicadores de vulnerabilidad ambiental	108

Introducción

Santa Fe se considera económica e históricamente importante dentro de la Ciudad de México y Latinoamérica, debido a su ubicación considerada como un lugar estratégico y relativamente céntrico, además de ser funcional para el desarrollo de economías y políticas. Para los años 30's, el auge de la actividad minera en la zona por medio de la extracción de arena del subsuelo fue considerada una actividad económica muy bien remunerada y una buena oportunidad laboral en esa época. Sin embargo, con el paso del tiempo se produjeron socavones, alteraciones ambientales, contaminación y deforestación de la cubierta vegetal convirtiéndose en un proyecto riesgoso para la población. Para el año 1960 el proyecto fue muy difícil de mantener, ya que la extracción de arena requería de mayor infraestructura e inversiones, así que se abandonó la actividad minera. (SEDUVI, 2012).

Durante los años 70's, se consideró el nuevo Plan Maestro de Desarrollo Urbano que consistía en darle un giro completo a la zona mediante la implementación de industrias de todo tipo, no obstante, pasaron 10 años hasta la puesta en marcha de ese proyecto, mientras tanto se presentaron asentamientos irregulares de pepenadores. Finalmente, la zona se utilizó como tiradero para depositar miles de toneladas de basura procedentes de las delegaciones colindantes.

A finales del siglo pasado, el gobierno de la Alcaldía Álvaro Obregón optó por la creación de una Zona Especial de Desarrollo Controlado (ZEDEC¹), este tipo de unidades de intervención urbana tienen diferentes características de acuerdo con el proyecto a emplear y los planes a futuro de la zona (DOF, 1995), en cuanto al caso de Santa Fe como proyecto económico se buscó impulsar el desarrollo de la zona mediante el mejoramiento,

¹ De acuerdo con la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 4 de mayo de 2012, la categorización de Zona Especial de Desarrollo Controlado en Santa Fe fue removida para convertirse en Ciudad Santa Fe, esto debido al cambio de Programas Parciales de Desarrollo Urbano en la zona.

regeneración y renovación de las condiciones urbanas, ya que era considerada como un área prioritaria desde un punto de vista económico para la ciudad. Este proceso provocó la exclusión de los pobladores de bajos recursos que ahí se asentaban y la privatización del suelo.

Ciudad Santa Fe fue constituida por minas de extracción de material de construcción alrededor de los años 30's, con el paso del tiempo y la industrialización de la Ciudad de México, la zona dejó de ser económicamente explotable, por consecuente tuvo un giro radical ya que para 1980 funcionaba como un tiradero que contenía los desechos de toda la ciudad. Para finales del siglo pasado, comenzaron los asentamientos urbanos irregulares que con el paso del tiempo generaron un reservorio de basura (procedente de las colonias vecinas que ocupaban las antiguas minas de arena de la zona), posteriormente la población presente fue removida para la creación de un proyecto económico.

A partir del abandono de las minas durante el año 1960, el proceso de extracción comenzó a dificultarse, por lo tanto, un aumento en el ámbito de riesgos en la zona fue evidente, puesto que los hundimientos y la presencia del relleno significaron una alteración de la estructura del suelo tanto considerable como progresiva. Este será el punto de partida de la investigación hasta el presente año con la finalidad de observar la constante evolución local de las dinámicas antrópicas (como factor de cambio de la configuración inicial del suelo) y los estragos (producidos por una sobrecarga del mismo), igualmente se establece un periodo de estudio de aproximadamente 60 años, (desde 1960 al periodo actual), a fin de interpretar los cambios producidos en la zona y el metabolismo urbano.

Durante el inicio del siglo XXI y con la presencia de Luis Eduardo Zuno Chavaría como jefe delegacional de Álvaro Obregón (ahora Alcaldía), se observa un crecimiento significativo en la infraestructura de corporativos y complejos financieros en la zona de estudio. Debido a su ubicación, considerada como geoestratégica y el reconocimiento económico de la misma a nivel mundial, Ciudad Santa Fe (específicamente ZEDEC Santa Fe) tiene un alto valor económico ya que es considerada como una urbe financiera muy importante dentro del área metropolitana de México, por lo tanto, al tener la presencia de un riesgo latente junto con factores externos, puede generar una condensación más acelerada del gas de manera que puede producir una explosión. Este gas es imperceptible a simple vista,

(aunque se identifica por el aroma fétido que genera su condensación), también puede detectarse principalmente en los respiraderos y coladeras de la zona.

El relleno Prados de la Montaña ubicado dentro de Ciudad Santa Fe es un importante reservorio de biogás producto de la descomposición y fracción orgánica de más de cinco y medio millones de toneladas de residuos sólidos ahí depositados (López Sánchez & Sámano Lechuga, 1996). Para efectos de clausura, fue necesario dotar al sitio de un completo sistema de extracción de gas para evitar la condensación del mismo. Este cambio de estrategia de ocupación del suelo no consideró los posibles riesgos que la ocupación previa de minas y el tiradero de basura producirían tanto a la población actual como a las actividades económicas llevadas a cabo, de igual forma existe la presencia de hundimientos causados por las minas ubicadas en el sitio con anterioridad. La descomposición de la basura paulatinamente genera condensación del gas y un potencial de explosión.

Es importante mencionar que actualmente los riesgos son categorizados y determinados de acuerdo a su origen natural o antrópico, también por su duración y los daños que este produzca a corto, mediano y largo plazo. A esto se adiciona la vulnerabilidad presente en la zona. Este factor se relaciona con la población y se ve reflejado en función de la fortaleza y/o fragilidad a la que una comunidad o grupo está expuesto, puede medirse a partir del género, edad, ingreso, marginación, entre otras variables. A su vez tiene la posibilidad de estar sujeto a la medición del ángulo de vulnerabilidad, ya que este se puede considerar un ámbito de orden socioeconómico en Santa Fe.

En el caso de la zona de estudio, el riesgo es de carácter geoquímico debido a que la extracción de diversos minerales del subsuelo (derivados de procesos de excavación) y la posible saturación del vacío del mismo (con materiales peligrosos), genera aún más la probabilidad de explosión, esto ligado a los procesos de saturación de suelo y la condensación de biogás. Tales condiciones aumentan la posibilidad de hundimientos y procesos geo – tectónicos, los cuales aumentan la fragilidad del medio. Por lo anterior, la zonificación en un gradiente de riesgo es de suma importancia, puesto que permite poner en marcha planes de mitigación para las zonas más vulnerables, o bien tomar cartas en el asunto antes de la ocurrencia de un siniestro mediante la medición de la amenaza.

El gobierno de la Alcaldía Álvaro Obregón puso en marcha un aislamiento de los respiraderos que fueron colocados en la zona de laderas (Sánchez, 2013), precisamente para evitar la salida de estos materiales, lo que provoca una condensación aún mayor en un periodo de tiempo más corto. Esta tarea de mitigación aunado a las altas temperaturas de la irradiación solar durante el día y al tránsito de vehículos en la zona genera un gas tan potente como el gas licuado (llamado biogás), resultado de la descomposición anaeróbica de lixiviados, los cuales son un líquido que desprenden los desechos, principalmente orgánicos.

La presente investigación constituye un panorama nuevo en la zona de Ciudad Santa Fe en vista de que la información sobre la zona es limitada, al mismo tiempo, se pretende que los resultados sean utilizados con fines de investigación científica y aporte a la dependencia de Protección Civil para la gestión del riesgo en la zona. Esto es relevante por el valor económico que tiene la zona a nivel nacional y porque es representante fiel de economías sólidas en México, de modo que, es de suma importancia estar al tanto de situaciones riesgosas a las cuáles el área de estudio se encuentra subyugada. La identificación de los puntos más vulnerables son la base para tomar el tema con más seriedad y saber que el riesgo está presente, sin embargo, aún no hay documentos oficiales disponibles que avalen la presencia del gas.

En el presente trabajo de investigación la hipótesis planteada sugiere que Ciudad Santa Fe que se encuentra asentada sobre una zona de rellenos sanitarios, ha registrado hundimientos y llamaradas registradas en el año 2014 en Alameda Poniente, como resultado de la condensación diferencial del gas, que aunado a factores ambientales, geomorfológicos y urbanísticos podría desarrollar un potencial de explosión.

En este caso el objetivo general consiste en generar cartografía temática para proponer una zonificación del riesgo asociado a la condensación de biogás, con base en una perspectiva teórico – metodológica, de igual forma se plantean objetivos secundarios, tales como:

- ❖ Zonificar Ciudad Santa Fe en función del riesgo por condensación de biogás y su posible explosión ante factores ambientales, morfo estructurales y de la población
- ❖ Interpretar la situación actual mediante un diagnóstico ambiental inicial

- ❖ Valorar la vulnerabilidad y el riesgo de la zona de estudio en función de un cálculo de matrices
- ❖ Concentrar y valorar la información obtenida mediante una valoración total de zonas expuestas por medio procesamientos cartográficos

Para la propuesta metodología se decidió dividir la investigación en tres etapas:

Primeramente, en el **Capítulo 1. Marco teórico - metodológico de riesgos y vulnerabilidad** se concentran las posturas utilizadas para la realización de este proyecto de tesis sobre análisis de riesgos y vulnerabilidad, así como su relación con la producción de biogás en rellenos sanitarios regulados y no regulados dentro de zonas urbanas, de igual forma se cubre tanto la evolución histórica como la dinámica poblacional de la zona de estudio. Además, se integra el desarrollo metodológico para la evaluación de riesgos geoquímicos en Ciudad Santa Fe mediante la consideración de perspectivas ambientales y de riesgo.

En el **Capítulo 2. Diagnóstico y caracterización de la zona de estudio** se realizó una valoración subjetiva de las problemáticas ambientales por medio del uso de matrices, las cuales funcionaron como base para la delimitación de Unidades de Valorización Ambiental por métodos ambientales y morfo estructurales, esto con el fin de evidenciar qué problemáticas tienen un mayor impacto con el relleno sanitario y cuáles son las principales acciones del ser humano que aumentan de forma paulatina la exposición del mismo en zonas vulnerables de Ciudad Santa Fe. Esta información fue recabada por medio de recorridos en campo en diferentes horarios del día, esto con el propósito de evidenciar distintos comportamientos del medio físico y la variabilidad de dinámicas poblacionales. El propósito principal de este capítulo es evidenciar que el relleno sanitario es la problemática de mayor importancia a partir de la metodología ambiental establecida para su posterior análisis en el capítulo siguiente.

Finalmente, el **Capítulo 3. Evaluación de riesgo y vulnerabilidad relacionados con la presencia de biogás** se plantea la utilización de metodologías de riesgo y vulnerabilidad para evidenciar zonas expuestas, de este apartado se obtendrán dos mapas: uno relacionado con el análisis de variables de riesgo como: inestabilidad de ladera, mecánica de suelos y

hundimientos (cabe resaltar que en este caso también se obtendrá un perfil estratigráfico para la mejor apreciación del relleno). Por su parte, el segundo mapa se realizará a partir del tratamiento cartográfico de variables sociales, económicas, urbanas y físicas, las cuales servirán para dar un panorama de vulnerabilidad más cercano a la realidad.

Para finalizar, se presenta un apartado de **Discusión** donde se establece una comparación espacial y cartográfica de las zonas de riesgo, vulnerables y expuestas, esto con el fin de obtener una zonificación de riesgo, la cual se representará cartográficamente mediante el tratamiento de las capas vectoriales obtenidas en cada rubro. Además, se consideran escenarios a futuro, es importante mencionar que estos no establecen fechas de ocurrencias exactas, ya que solo se presenta una aproximación.

CAPÍTULO 1

Marco teórico – metodológico de riesgos y vulnerabilidad

1.1 Posturas teóricas y antecedentes histórico – sociales para la evaluación de riesgos

La palabra “sistema” (del griego *synhistanai*: poner junto) en un concepto amplio hace referencia a un conjunto de objetos o elementos que conforman una totalidad. Un sistema comprende un holismo extenso, pues puede abarcar desde un ámbito natural hasta algo más complejo como un sistema bioquímico, sin embargo, un sistema no solo comprende la totalidad, sino que toma en cuenta los componentes del mismo (Checkland, 1981) y clasifica su importancia en jerarquías para definir una posible problemática.

Las problemáticas mencionadas con anterioridad se establecen en función del sistema y su funcionamiento. Desde la Metodología de Checkland, las problemáticas se suscitan a partir del incumplimiento de algunos de los elementos involucrados, no obstante, los sistemas no siempre dan como resultado productos positivos a pesar del buen desarrollo de los diferentes actores, ya que los factores externos son importantes en la modificación del producto final.

Un geosistema por su parte es un concepto territorial que delimita espacialmente un área específica con una escala dada; es un término mucho más amplio que ecosistema, debido a que este último solo limita un área natural (Bertrand, 2007). Un geosistema evidencia las relaciones espacio – temporales ligadas a transformaciones causadas por eventos gravitacionales, energía solar o el ciclo del agua. Los componentes bióticos o abióticos pueden tener un cambio mediante la modificación o alteración de energía, éstos se dividen en planos horizontales (geohorizontes) y verticales (geofacies); por su parte los componentes antrópicos tienen un impacto aún mayor a causa del efecto sobre la regionalización y planificación de los factores, así como su impacto económico y social sobre un territorio o área delimitada.

Durante la manifestación de un evento pueden presentarse diferentes situaciones que alteren la cotidianidad de un espacio determinado, ya sea por cambio en la estructura del mismo espacio por temas relacionados con la industrialización o la gentrificación, dichas dinámicas dan como resultado construcción de nuevos espacios sociales, éstos son seleccionados después de una experiencia social (Tuan, 1997) generada a partir de la concepción de un sujeto (ya sea en el presente o bien a futuro con fines principalmente capitalistas). En un contexto diferente puede alterarse la cotidianidad debido a la presencia de fenómenos naturales o antrópicos que afecten a la población, la mayoría de las veces suele ocurrir a escalas regionales y en forma progresiva, esto a causa del tipo de suceso acontecido.

El ser humano se encuentra expuesto al medio que lo rodea ante la ocurrencia de algún evento catastrófico, sea en su propiedad o en su entorno se encuentra en constante amenaza como parte de la complejidad generada entre el hombre y su medio (Lacoste, 1982), lo que provoca en los seres vivos diferentes situaciones de peligro, riesgo o preocupación de posibles eventos. Un sujeto vulnerable es aquel que se encuentra expuesto a sufrir algún tipo de daño y no puede recuperarse del mismo, por la incapacidad de causar un cambio en las amenazas a las que está expuesto.

La medición del riesgo es un tanto subjetiva dependiendo desde la perspectiva a considerar. Desde un enfoque natural: riesgo es el umbral de la dinámica natural de carácter extraordinario rebasado por el hombre en el desarrollo de sus actividades. Desde un enfoque social: el riesgo es el grado de peligrosidad aceptado por un grupo de personas o una comunidad. Desde un enfoque territorial: el riesgo toma en cuenta la actuación de un grupo de personas ante los rasgos extremos del medio donde se encuentran (Olcina Campos & Ayala Carcedo, 2002a).

La percepción social del riesgo toma fuerza durante la evaluación del mismo dando parte de la subjetividad y objetividad de un individuo ante la manifestación de un evento, por lo cual se toman en cuenta dos posturas: la primera categoriza un evento como riesgo natural que básicamente toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia por medio de la alteración cotidiana de un espacio o territorio. Por su parte, la segunda hace referencia a una catástrofe natural que marca más un evento que supone fatalidad y gravedad respecto a las condiciones iniciales.

Beck (1998) menciona que la atribución de riesgo en algunos casos hace referencia a dioses o entes metafísicos, este pensamiento fue muy polémico al inicio del siglo XIX, pues se creía que la naturaleza era un ente pensante y vengador. De igual forma se puede inferir en una perspectiva social de los riesgos, la cual es creada en función de la calidad de vida y el estatus económico, pues las sociedades creen que “el aumento de posibilidades económicas y la mejora de conocimientos científicos y técnicos otorga y salvaguarda plenamente ante los peligros naturales” Morales et al. (2000), esto inconscientemente crea una adaptación al catastrofismo.

También se expresa una percepción psicológica rural y urbana completamente distintas en función del nivel de riqueza y la cultura, esto quiere decir que la distribución de los desastres es relativamente ciega a las desigualdades, pues los riesgos se manifiestan sin distinción de clase o hegemonía, aunque está claro que el daño producido es distinto debido a la vulnerabilidad presente y a las políticas de riesgos presentes para mitigar los mismos.

Al no existir ningún territorio que se encuentre exento de la ocurrencia de algún desastre o riesgo natural, se presume que todo está en diferente grado de exposición, no obstante, existen actividades económicas dentro de un espacio más expuestas debido a que se encuentran más factores bajo riesgo (Olcina Campos & Ayala Carcedo, 2000b), puesto que hay actividades propensas a la ocurrencia de algún riesgo natural, por lo tanto se deben tomar en cuenta la localización de actividades económicas y la cantidad de personas que realizan su dinámica en un espacio determinado.

El riesgo es el resultante de la vulnerabilidad y la amenaza, formalmente es considerado como todo aquel elemento físico nocivo para la supervivencia del ser humano (I. Burton y R. Kates, 1964), este puede ser creado de forma voluntaria (antrópico) o involuntaria (natural).

$$R = A * V / C$$

Fórmula 1. Cálculo de riesgo

La **Fórmula 1** muestra los componentes del riesgo, en este caso la vulnerabilidad (V) puede estar ligada a la capacidad (C) de un sujeto para poder disminuir la amenaza (A), de lo contrario la capacidad aumenta al igual que la vulnerabilidad. El riesgo es considerado

como un elemento cambiante y dinámico, su percepción es diferenciada, pues el contexto social e histórico de un sujeto forma parte importante en la construcción de la percepción, asimismo, como ya se mencionó, tiene un carácter social en vista de la resiliencia del riesgo, esta última se define como la capacidad de una comunidad potencialmente expuesta a peligros para organizar y mantener un aceptable nivel de funcionamiento, también se relaciona con el nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano ante un evento catastrófico (CENEPRED, 2014).

1.2 Clasificación de riesgos

Los riesgos se pueden clasificar desde diferentes perspectivas, la más utilizada y básica es en dos grupos: físicos y biológicos (Calvo García-Tornel, 1984), con el paso de los años y la notable influencia del ser humano en los procesos industriales y la dinámica social, se presentan diferentes ramas de investigación donde los geógrafos toman partido. Algunas de ellas toman ámbitos principalmente antrópicos (como riesgos químicos y geoquímicos), o cualquier otro riesgo derivado de la influencia social. A continuación, se presentan las ramas del estudio de riesgos y su campo de trabajo, también se categorizan como un riesgo antrópico, pues estos procesos producen una alteración paulatina del suelo, agua y aire.

Tabla 1. Adaptación de la clasificación de riesgos de Olcina Campos y Calvo García

Físicos		Biológicos		Antrópicos	
Meteorológicos y climatológicos	Geomorfológicos y Geológicos	Faunísticas y Florales	Epidemiológicos	Geoquímicos	Sociales
Cambio climático	Aludes	Enfermedades producidas por hongos	Tifus	Explosiones por gases	Robo
Heladas	Terremotos	Rabia	Gripe	Destrucciones de hormigón	Accidentes
Inundaciones	Erosión	Plagas	Malaria	Asbesto	Secuestro
Sequías	Tsunamis	Fauna nociva	Peste	Aguas contaminadas	Atropellamiento
Tornados	Erupciones volcánicas	Mordeduras y picaduras de animales salvajes	Ébola		Caídas
Rayos	Sismos		SIDA		Manifestaciones
	Karts				

En esta investigación los riesgos químicos definen la orientación del estudio, ya que pueden ocurrir en sitios focalizados donde suelen realizarse actividades como la manipulación de sustancias químicas o peligrosas (las cuales se asocian a tareas de transporte), almacenamiento o trasvase (gran parte de estos riesgos pueden ocurrir por la mala gestión de equipos), o por errores humanos. (CENAPRED, 2001).

La clasificación de riesgos es una tarea fundamental para llevar a cabo el análisis y resolución de los mismos mediante una valoración de criterios para su categorización, pueden identificarse tanto el factor causante como algunas posibles consecuencias a futuro. En este caso según [Olcina \(2002a\)](#), se emplean siete criterios para dicha clasificación, los cuales se explican en seguida:

- ❖ Génesis y tipología: se basa principalmente en dos criterios, definición y clasificación de génesis del riesgo. Esta génesis subyace en criterios naturales o antrópicos, por lo tanto, esta tarea también sirve para identificar los mecanismos de acción y determinar la durabilidad de los mismos con base en su génesis.
- ❖ Vector de daño: este criterio toma en cuenta el factor motor de cada riesgo (causa), por ejemplo, en el caso de epidemias se infiere que el vector puede ser algún descuido humano o fauna nociva presente, en el caso de explosión por biogás el vector de daño puede estar sujeto al relleno sanitario o la actividad minera precedente al mismo.
- ❖ Previsibilidad: es un factor muy importante, pues considera una identificación anterior a la manifestación del riesgo, esto funciona para prevenir posibles riesgos o mitigarlos.
- ❖ Radio de acción: este considera las distancias verticales y horizontales en la superficie terrestre que puedan ser afectadas por la ocurrencia de un evento catastrófico.
- ❖ Nivel de actividad: se relaciona con una clasificación del evento durante o después de su ocurrencia (puede identificarse como activo, latente, estabilizado o fósil), este factor suele estar relacionado principalmente con el vulcanismo.
- ❖ Duración: este criterio es muy variable en función del tipo de peligro, ya que se toma en cuenta el tiempo de duración desde la ocurrencia hasta el restablecimiento de la cotidianidad y las actividades económicas.

La aplicación de dicha metodología resulta ser problemática cuando se trabaja cualquier tipo de peligro o riesgo, debido al sinfín de categorías que conduce y la utilidad poco clara, por lo cual pueden presentarse soluciones eclécticas, éstas son utilizadas por medio de la acción colectiva para la resolución de problemas focalizados, así pues, se reduce considerablemente la metodología de clasificación antes, durante y después de un evento.

1.3 Marco histórico

Los antecedentes históricos de Ciudad Santa Fe son variados subjetivos en los que se identifican diferentes sucesos espacio–temporales que han modificado propiamente al espacio *per se* a través de la historia ambiental en la relación del humano con la naturaleza (McNeill, 2005), la apropiación de los espacios en función de la adquisición de recursos para su supervivencia y la posterior huella ambiental que éste genera.

Es importante mencionar que la historia ambiental maneja términos antropocentristas considerando al ser humano como un ente que evoluciona en un espacio dentro un contexto físico y biológico. En este marco de referencia existen tres diferentes tipos de historia ambiental: material, cultural–intelectual y política que consideran la posible alteración antes, durante y después de la consolidación de un espacio por factores internos (o ajenos al mismo) pero que de igual forma generen una alteración considerable. No obstante, es importante considerar la delimitación espacial y el tipo de lugar analizado por medio de los procesos demográficos, así como el funcionamiento de las economías, ya que esto da parte del punto de partida del análisis para evitar la consideración de variables ajenas al estudio.

En el caso particular de Ciudad Santa Fe se demarcan los tres tipos de historia ambiental, pero en periodos de tiempo diferenciados. Primero ocurre el proceso histórico material, el cual toma lugar al término de la conquista con la creación de centros de curanderos (ahora hospitales) en las periferias de la antigua Tenochtitlán que estaba constituida por diferentes comunidades indígenas rurales que trabajaban y subsistían de tierras de labranza. Posteriormente el adoctrinamiento de dichas comunidades generó esa transición rural –urbana por la creación de centros comunitarios y hospitales que fungían como receptores de personas nahuas y otomíes. Debido a las mejores oportunidades y a la

creación de servicios, este tipo de procesos migratorios aumentó considerablemente el número de personas en la Ciudad de México casi a 170 mil habitantes (SEDUVI, 2012); sin embargo con la muerte de Vasco de Quiroga se desarticularon las economías en Santa Fe y ocurrió el empobrecimiento de este espacio; no fue hasta la etapa del México Independiente cuando se desarrolló el aumento de actividades como la minería y la agricultura de pastoreo. Por lo tanto, en este caso la construcción y transición del medio ambiente urbano se mide en función de la contaminación medioambiental generada a partir de la apropiación sistemática de los recursos, en este caso la agricultura y el posterior auge de la minería como actividad principal. A finales del siglo XIX cuando la ciudad comienza a “desbordarse”, se crean diferentes obras y programas de financiamiento para desarrollar una mejor accesibilidad, con el fin de acercar de cierta forma los territorios más lejanos y estabilizar las economías aumentando así la mancha urbana considerablemente.

En función de la alternancia de poderes entre liberales y conservadores a principios del siglo XX, se originaron un sinnúmero de delimitaciones político – administrativas a consecuencia de la ocupación francesa y de diferentes procesos de restauración donde se crearon demarcaciones como: estados, departamentos, prefecturas, jefaturas políticas, entre otras. Esto da parte al inicio del segundo tipo de historia ambiental: la política, que básicamente expresa la historia moderna de un espacio y cómo los grupos de interés se apropian de los recursos esencialmente para el ejercicio del poder, el cual se representa a través del estado nación y su distribución de tierras de cultivo mediante la creación de latifundios.

Durante el año 1899. la delimitación espacial dio nombre a Santa Fe y otras prefecturas como Tacubaya, Mixcoac y Cuajimalpa bajo el rigor de la constitución de 1857, no fue hasta 1932 que dejó de ser considerada como una jefatura y paso a ser un conjunto de colonias, que llevaron el actual nombre de Álvaro Obregón. Es importante mencionar que las vialidades tomaron un papel importante en la accesibilidad de mercancías y en la distribución de arena producto de la actividad minera.

La minería a cielo abierto de arena reconfiguró Santa Fe casi completamente, ya que los asentamientos aledaños a la zona estaban constituidos por los mismos trabajadores durante los años 30's. No obstante, esta nueva configuración duró sólo hasta los años 60's debido a la gran inversión de recursos para continuar con la creación de jales y las pocas ganancias

del producto en el mercado. por lo cual se optó por abandonar el proyecto. Posteriormente, a consecuencia de la actividad minera se alteró la topografía dando como resultado un basurero de 4km de largo por 2km de ancho y en algunos lugares con 100 metros de profundidad, dicho hecho generó la contaminación del manto freático por lo lixiviados generados a partir de la basura y la ausencia de sistema de drenaje por la alteración del suelo y la debilidad mecánica de los mismos.

Durante el periodo de 1976 a 1982 comienza la expropiación de los terrenos que comprenden alrededor de 850 hectáreas que cubren parte de la delegación Álvaro Obregón y Cuajimalpa, esto trajo consigo la atracción de inmobiliarias e inversionistas, lo cual dio como resultado el complejo Ciudad Santa Fe. El tercer punto de la historia ambiental es el cultural– intelectual, mediante la fragmentación económica y la pauperización de los sectores de población más vulnerables. A partir de 1989 (Valenzuela, 2007), se determina la reubicación de aproximadamente 300 familias de predios dentro de este complejo con el fin de aumentar los costes en el suelo y comenzar a comercializar todo tipo de servicios de lujo, lo cual trae como consecuencia el desalojo y segregación de los habitantes por el aumento en el precio de los servicios, así como la renta.

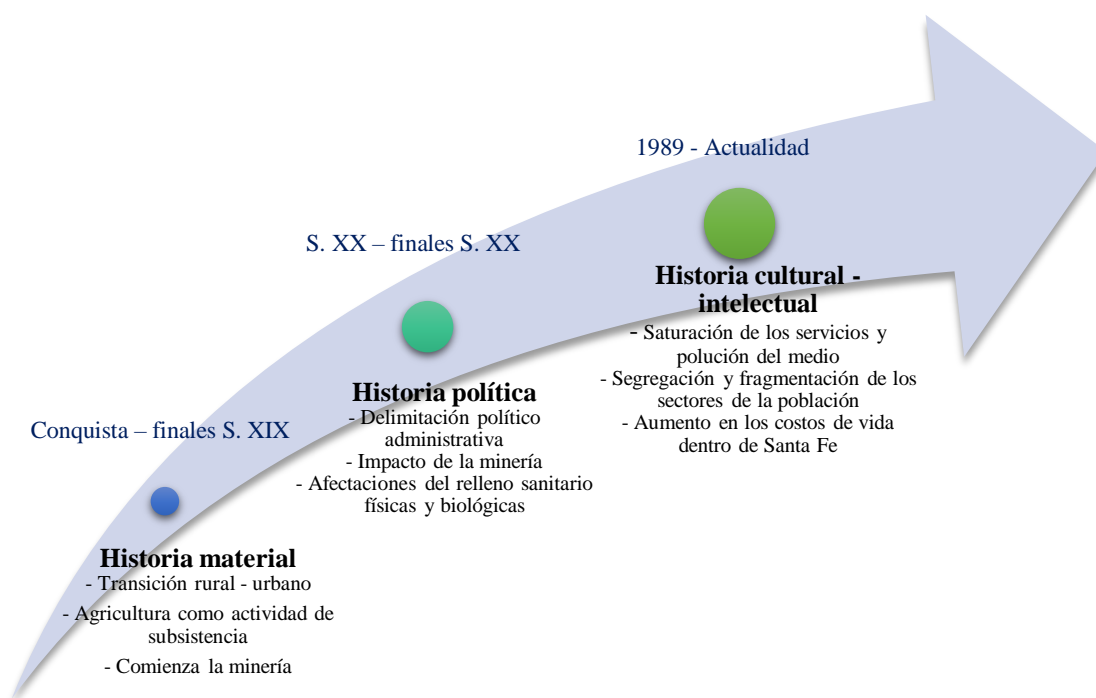


Ilustración 1. Línea cronológica de la Historia Ambiental de Ciudad Santa Fe.

La gran mayoría de los cambios observados en la **Ilustración 1** se expresan en esta línea cronológica que delimita espacio–temporalmente los procesos modeladores de la zona y las afectaciones que han tenido. Sin embargo, cada proceso ramifica una posible afectación medio ambiental a futuro solo dentro de un sector de la población, la cual puede estar condicionada por diferentes connotaciones culturales, o bien, por usos y costumbres que aumentan a un grupo de personas su probabilidad de ser vulnerable o expuesta a un posible factor de riesgo o fenómeno natural derivado de las afectaciones causadas.

El análisis de riesgos funciona como una valoración inicial, donde a partir de una primera aproximación se categoriza el riesgo y se identifican los principales elementos que bajo estudio presentaran una alteración (OUNP, 2010), o bien, puede definirse como el estudio de posibles amenazas o eventos no deseados que puedan suceder en un espacio determinado, con el cual se busca mitigar cualquier tipo de riesgo (ya sea físico, químico, natural, geológico o social), esto para crear medidas de prevención y mitigación. En la actualidad, la gestión de riesgos es una herramienta importante en los sectores inmobiliario e industrial, donde con ayuda de un estudio previo se definen zonas ideales para el establecimiento de este tipo de servicios, a través del uso de normativas de suelo y manuales de riesgo para brindar un espacio seguro al mercado potencial.

El análisis de variables de riesgo en Ciudad Santa Fe complementa la información disponible en el Atlas de Riesgo de las Alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos con un estudio específico de variables relacionadas con la producción de biogás en la zona de estudio, no obstante, factores inestables (como la sismicidad, vulcanismo, ciclones, entre otros) se omiten debido a la variabilidad con la que ocurren y a la magnitud de afectación.

1.4 Planteamiento metodológico

La presente investigación se realiza desde una posición teórica y crítica. Mediante tanto la interpretación como la contextualización de la situación se realiza una zonificación de las afectaciones mayores y se evidencian posibles escenarios de riesgo. Sin embargo, solo se presentará una estimación ya que no se definen fechas exactas de ocurrencia.

La evaluación de riesgo geoquímico es una propuesta que asocia de forma directa y honesta diferentes metodologías, esto con el fin de construir una propuesta epistemológica de análisis. Se crea con base en cuatro metodologías distintas: metodología general de evaluación de riesgos, metodología ambiental para delimitar zonas en función de una valoración subjetiva y una metodología cartográfica para valorar vulnerabilidad en función de variables como resultados de la interrelación entre las diferentes disciplinas de análisis para una evaluación más exacta y detallada de la problemática.

Se realiza una zonificación del riesgo en función de la presencia de relleno sanitario y las medidas que se llevan a cabo para el control del mismo a largo plazo mediante el uso de la Metodología General de Evaluación de Riesgos, que permite cuantificar los riesgos en un lugar con el fin de establecer un plan de acción en zonas prioritarias en función de la magnitud o probabilidad de ocurrencia para evaluar las posibles consecuencias esperadas. Estos resultados permiten abordar el riesgo desde un enfoque cuantitativo, pues se contabilizará la profundidad del relleno, infraestructura, los edificios económicamente más importantes involucrados y los eventos ocurridos anteriormente en la zona (principalmente en el relleno Prados de la Montaña, aledaño a Ciudad Santa Fe).

Para realizar el análisis de riesgos se considerarán las siguientes variables:

- ❖ Nivel de deficiencia
- ❖ Nivel de exposición
- ❖ Nivel de probabilidad
- ❖ Nivel de consecuencias

Esta metodología nos permite obtener resultados ajustados a la realidad debido a la valoración superficial de la población y su estrecha relación con las zonas de riesgo en función de un análisis multivariado. También se maneja el uso de NI (nivel de intervención) el cual se representará con un gradiente de cinco colores, donde el verde representará un nivel bajo y el rojo riesgo alto, también se tomará en cuenta NR (nivel de riesgo), donde a partir de valorizaciones numéricas se clasificará el nivel por zonas.

La Metodología ambiental se utiliza para delimitar los procesos ocurridos a lo largo de la construcción de Ciudad Santa Fe y se toman en cuenta las diferentes actividades económicas,

así como la estructura gubernamental. Estas variables permiten obtener la transformación socio-espacial y la configuración actual. También se establece una valoración subjetiva de las problemáticas ambientales relacionadas con el relleno sanitario y su posible afectación al biogás, esta información fue obtenida mediante recorridos en la zona de estudio, los resultados son vaciados a una matriz de riesgos, ésta concentra la información valorada con el uso de rangos del 5 al 10. Asimismo, los datos obtenidos son utilizados para la construcción de una Matriz de Leopold, la cual, a partir de variables de afectación físicas, biológicas y socio-culturales dan una aproximación más exacta sobre las acciones realizadas en la zona de estudio. Finalmente, se construyen Unidades de Valorización Ambiental, estas se obtienen en función de un análisis ambiental y geomorfológico. Acto seguido se establecen en función de los límites federales establecidos por el gobierno de la ciudad, en este caso AGEB's.

El análisis ambiental hace uso de los resultados obtenidos en las matrices para la creación de cartografía temática, es decir mapas de amenazas, vulnerabilidad y riesgo, donde se representan las afectaciones ambientales en tres rangos (bajo, medio y alto), además se superponen las problemáticas más importantes con gráficos. Por su parte, el análisis geomorfológico se construye a partir del análisis de fallamientos, cimas, dolinas y fallas, esta aproximación sirve para la delimitación de zonas susceptibles a deslizamientos relacionadas principalmente con la problemática de la basura. El propósito del uso de esta metodología es dar un panorama real de la situación actual de la zona de estudio.

Por su parte, la metodología cartográfica sugiere un análisis de vulnerabilidad mediante el uso de cuatro variables: Sociales, Ambientales, Urbanas y Físicas, cada una se compone de 4 a 8 subvariables, las cuales con información obtenida de Inventario Nacional de Viviendas (INV) y Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE); del INEGI son representadas cartográficamente. Este tipo de análisis tiene un procesamiento en el software QGIS, donde a partir de la sumatoria de los resultados de cada variable (en tipo ráster) se obtiene una homogeneización de los resultados y por consiguiente un mapa detallado de las zonas vulnerables, en este caso, es recomendable usar una delimitación federal de AGEB o colonia. Sin embargo, como la zona de estudio es muy pequeña se optó

por realizar el estudio a nivel manzana, con el fin de obtener resultados con mayor precisión de la información.

La creación de cartografía es prioritaria en la investigación que incluye la realización de mapas y modelos estratigráficos para representar las zonas con un grado de riesgo más alto, esta tarea se lleva a cabo por medio del análisis de imágenes de satélite por AGEB en el software ArcGis para denotar el cambio de uso de suelo en la zona. También, se hace uso de AutoCAD y SketchUp para realizar modelos estratigráficos, esto para comparar la composición edáfica del suelo y hacer una estimación de la profundidad del relleno sanitario, con el fin de representar desde una perspectiva horizontal los tipos de suelo. Finalmente, las imágenes de satélite utilizadas servirán para realizar cartografía sobre el crecimiento de la mancha urbana en la zona y el crecimiento vertical que junto con la presencia del biogás elevan el riesgo de explosión en la zona.

A continuación, se resume la metodología planteada en un cuadro metodológico:

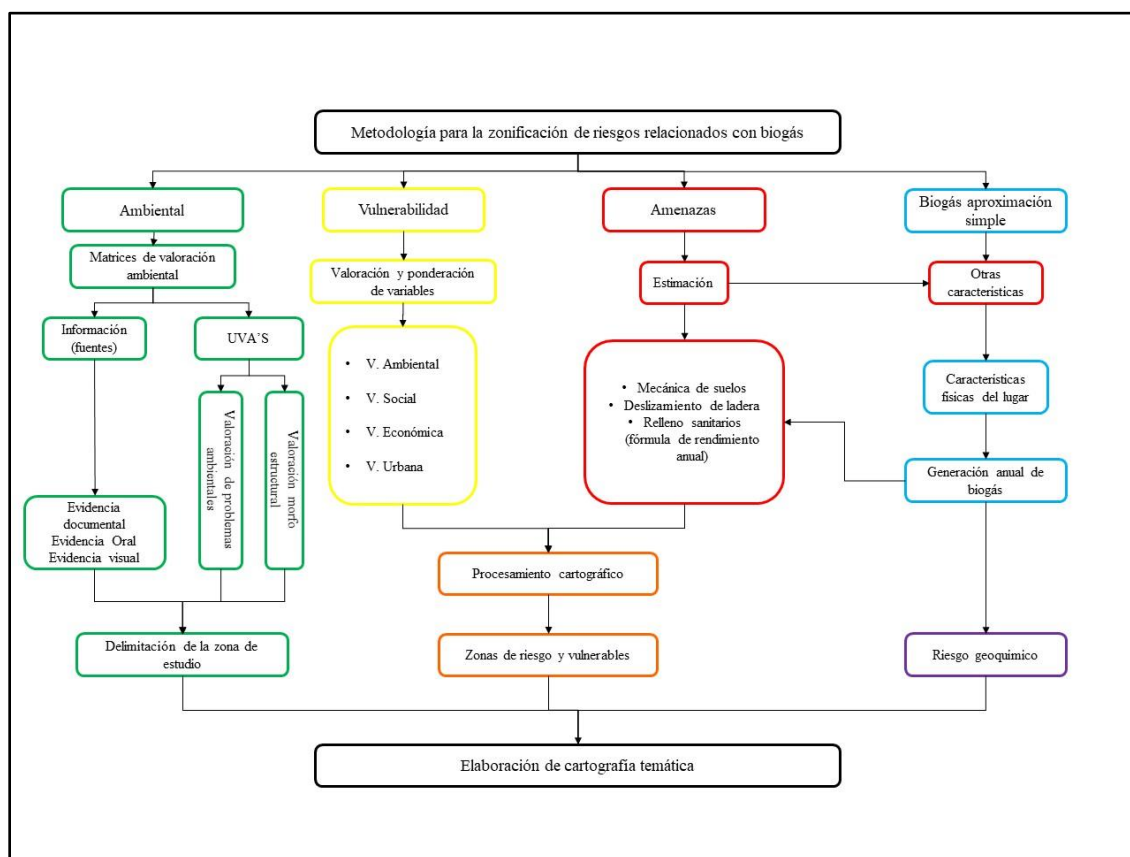


Diagrama 1. Cuadro metodológico para la valoración de riesgo geoquímico en zonas urbanas. Elaboración propia.

1.5 Etapas de la investigación

Para llevar a cabo el proceso metodológico en gabinete y campo, se realiza un cuadro por etapas con el propósito de organizar la información para el cumplimiento de los objetivos y el desarrollo de los capítulos a lo largo de este proyecto de tesis. Cada etapa tiene una perspectiva de estudio distinta y se explican a continuación de forma detallada:

Etapa 1. Se inicia con una aproximación simple de carácter cuantitativo para conocer de manera superficial la zona de estudio y las problemáticas ambientales relacionadas con el biogás, dicho proceso se logró a través de recorridos en campo donde se aplicó un formato con un diseño previo, en el cual se recabó información categorizada del 1 al 10 en función de la percepción del aplicador de manera subjetiva sobre las problemáticas de la zona. Durante esta etapa se consideran aspectos socio-económicos, características geográficas, entre otros, para dar un panorama más certero de la zona. Posteriormente, mediante un proceso de depuración se desecha la información inservible para así proponer una delimitación inicial en Unidades de Valoración Ambiental, la cual sirve como punto de partida para el análisis en etapas posteriores.

Etapa 2.1. Consiste en desglosar toda la información de riesgos relacionada con el biogás, en esta etapa se considera de forma cuantitativa el estudio de hundimientos, inestabilidad de ladera y los rellenos sanitarios como riesgos latentes en la zona de estudio. Además, se aplican fórmulas para evidenciar la capacidad del relleno. De igual forma, estos datos se comparan con información hemerográfica obtenida en las Alcaldías correspondientes y Protección Civil, con el propósito de obtener la evolución histórica de Santa Fe y la transformación del espacio geográfico mediante la apropiación de los espacios, así como el auge económico de la zona. Finalmente, se obtendrá un mapa de riesgos asociados al biogás que se utilizará de manera comparativa para obtener resultados.

Etapa 2.2. Durante este proceso se aplica una metodología cartográfica comparativa para la obtención de zonas vulnerables en función del análisis de variables de interés en la zona de estudio, las cuales son: económicas, sociales, urbanas y ambientales (físicas). Esta aproximación se realiza con el objetivo de obtener la población susceptible o más expuesta para después por medio del procesamiento cartográfico obtener las zonas de mayor interés

dentro del estudio, para así identificar la población objetivo dentro de este estudio y su respectiva ubicación para la posterior zonificación del riesgo.

Etapa 3. Corresponde al geoprocesamiento cuantitativo y cualitativo de la información obtenida en las etapas 2.1 y 2.2 respectivamente. Finalmente, este procesamiento funciona como motor para la clasificación y zonificación del riesgo mediante la generación de cartografía temática de riesgos sobre la Ciudad Santa Fe.

A continuación, se resume en un diagrama la información ya mencionada:

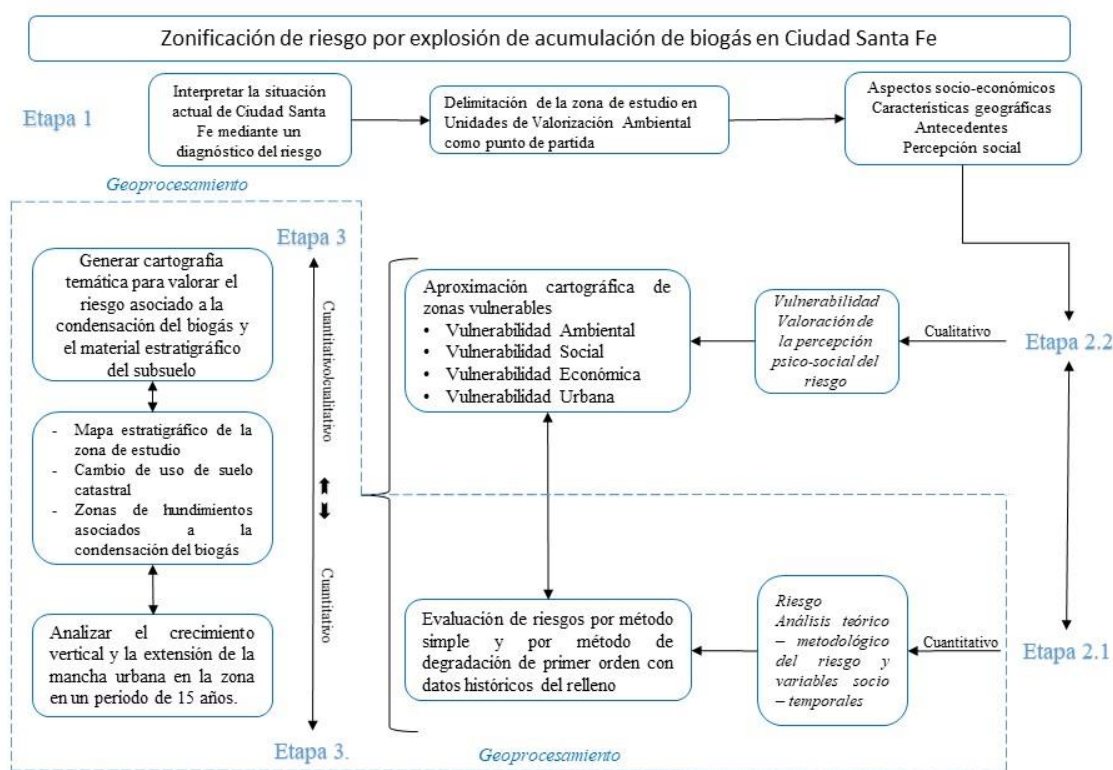


Diagrama 2. Proceso metodológico por etapas para la zonificación de riesgos por explosión de biogás. Elaboración propia

CAPÍTULO 2

Diagnóstico y caracterización de la zona de estudio

2.1 Diagnóstico medio ambiental

El capítulo consta de una primera aproximación a la situación biofísica y social de la zona de estudio a través de la utilización de metodologías relacionadas con la identificación cualitativa de la zona con el fin de evidenciar las problemáticas ambientales más importantes y en este caso, establecer la relación que estas tienen con el relleno sanitario. La consideración de procesos urbanos desde una perspectiva histórica será de gran ayuda, esto debido a que la dinámica social condiciona el ordenamiento de un asentamiento urbano, y por consiguiente, las relaciones socio – culturales con otros espacios, lo cual da como resultado una alteración ecológica que se evidencia en la emisión de contaminantes, el limitado manejo de residuos sólidos y la disposición final de los mismos, así como la contaminación generada por otros factores que afectan en menor medida (como la alteración de la pendiente).

En este estudio se considerará la definición de unidades ambientales por medio de la delimitación territorial a través de la estratificación de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) de las zonas urbanas, esto con el objetivo de facilitar la delimitación de zonas riesgosas y vulnerables. Esta área urbana es ocupada por conjuntos de manzanas, las cuales a su vez se segmentan por calles, avenidas, andadores, camellones o cualquier rasgo de infraestructura para facilitar la identificación en el terreno (CONEVAL, 2012).

El uso de suelo es variable en función del giro económico del área de estudio en su totalidad, en este caso como el potencial económico es muy elevado el uso de suelo se basa principalmente en el especializado en comercio y oficinas según la clasificación de usos de suelo de SEDUVI, de igual forma, se encuentran usos de suelo como el habitacional e industrial, sin embargo, estos no tienen tanto impacto en la zona debido a la poca área que abarcan. Es importante considerar como usos de suelo las vialidades consideradas con un

elemento básico del paisaje urbano, pues relacionan los elementos presentes en el medio. También el equipamiento es un elemento importante dentro de las grandes ciudades, este se define como un conjunto de edificios y espacios que se distinguen por brindar algún servicio especializado dentro de una población (Ducci, 2012).

2.2 Unidades de Valoración Ambiental

El medio natural está comprendido por un conjunto de factores bióticos y abióticos que integran una serie de procesos mediante los cuales los seres humanos obtienen alimento, recursos y servicios ambientales (esto ayuda a satisfacer necesidades y lograr sobrevivir), no obstante, este tipo de actividades ha alterado considerablemente la naturaleza a lo largo de la historia, lo cual se ve reflejado en la funcionalidad de los flujos de energía, la alteración de los ecosistemas mediante el disturbio antrópico y el desequilibrio biológico. Los modelos productivos toman en cuenta el uso de la tecnología para llevar a cabo algún tipo de aprovechamiento del medio, esto se logra en función del ordenamiento territorial y el poder adquisitivo de un grupo de individuos.

Las sociedades son constructos definidos a partir de la apropiación de recursos para la subsistencia de los seres humanos, la organización espacial se encuentra directamente relacionada con la densidad de población, las cuales se expresan de forma diferenciada en función del poder adquisitivo de un grupo de individuos. Algunos procesos que se desarrollan actualmente son producto de la dinámica antigua en un lugar que por medio de actividades agrícolas, ganaderas o mineras modelan el espacio social-urbano, sin embargo, en este caso el constructo social es modelado por actividades relacionadas con el sector terciario, pues mediante el cambio de uso de suelo se alteran las condiciones originales de un espacio para dar paso al confort, esto gracias a la creación de plazas comerciales o a la venta de servicios recreativos.

Los procesos de crecimiento desordenado en las grandes ciudades son considerados casi como naturales (Capitanachi Moreno, Utrera Barillas, & B. Smith, 2001), esto solamente en la región latinoamericana, a pesar de ello, esta expresión de sociabilidad es obtenida a consecuencia de la falta de intenciones gubernamentales por un ordenamiento territorial y

por la diferenciación del capital, esto caracteriza a las ciudades latinas de ser multivariadas y complejas cuando se trata de su estudio. Gran parte de las problemáticas poblacionales son producto de efectos sociales, económicos y ambientales. Estos factores producen un fuerte impacto en la calidad ambiental, la degradación de los ecosistemas y cambios cruciales en el suelo urbano producidos por el aumento exponencial en la demografía de la ciudad, tales como el caso de la Ciudad de México y la Zona Metropolitana.

Generalmente los cambios en las condiciones ambientales mencionados anteriormente se ven reflejados en las problemáticas asociadas a la alteración de las condiciones climáticas. La fragmentación del suelo por la intensificación de construcciones pesadas provoca la desestabilización de los horizontes y el retiro de la cobertura vegetal, lo cual conduce a la población de manera progresiva a una exposición al riesgo mayor.

Las Unidades de Valoración Ambiental, son áreas de segregación para el estudio de variables ambientales propuesto en esta investigación, éstas funcionan como delimitaciones dentro de la zona de estudio para un análisis más focalizado y establecido a lo largo de la investigación, éstas UVA'S se basan principalmente en el uso de AGEB propuestas por el INEGI, sin embargo, se le otorga este nombre debido al objetivo de este estudio. Generalmente este tipo de unidades son usadas para gestionar zonas ambientales, sin embargo, para este estudio el establecimiento de dichas áreas responde totalmente a la caracterización ambiental dentro de un área delimitada con el fin de valorar las posibles afectaciones.

También, las unidades ambientales son definidas en función de la interacción de factores intrínsecos y extrínsecos: bióticos, abióticos y socioeconómicos, el conjunto de dichos factores ya mencionados forma parte de un sistema abierto interrelacionado, que da como resultado la definición de áreas espaciales caracterizadas por un valor ambiental dentro de un todo. Estas relaciones entre factores pueden definir la construcción y transformación de un espacio a través de un periodo de años determinado, este último puede definirse en función del tipo de estudio a realizar y los procesos históricos a considerar.

En el **Diagrama 3** se presenta el flujo de insumos y resultados que se obtienen durante la elaboración de UVA's, esta metodología se establece como producto de la conjunción de

factores morfo estructurales y ambientales para el estudio de problemáticas y valorar las mismas espacialmente.

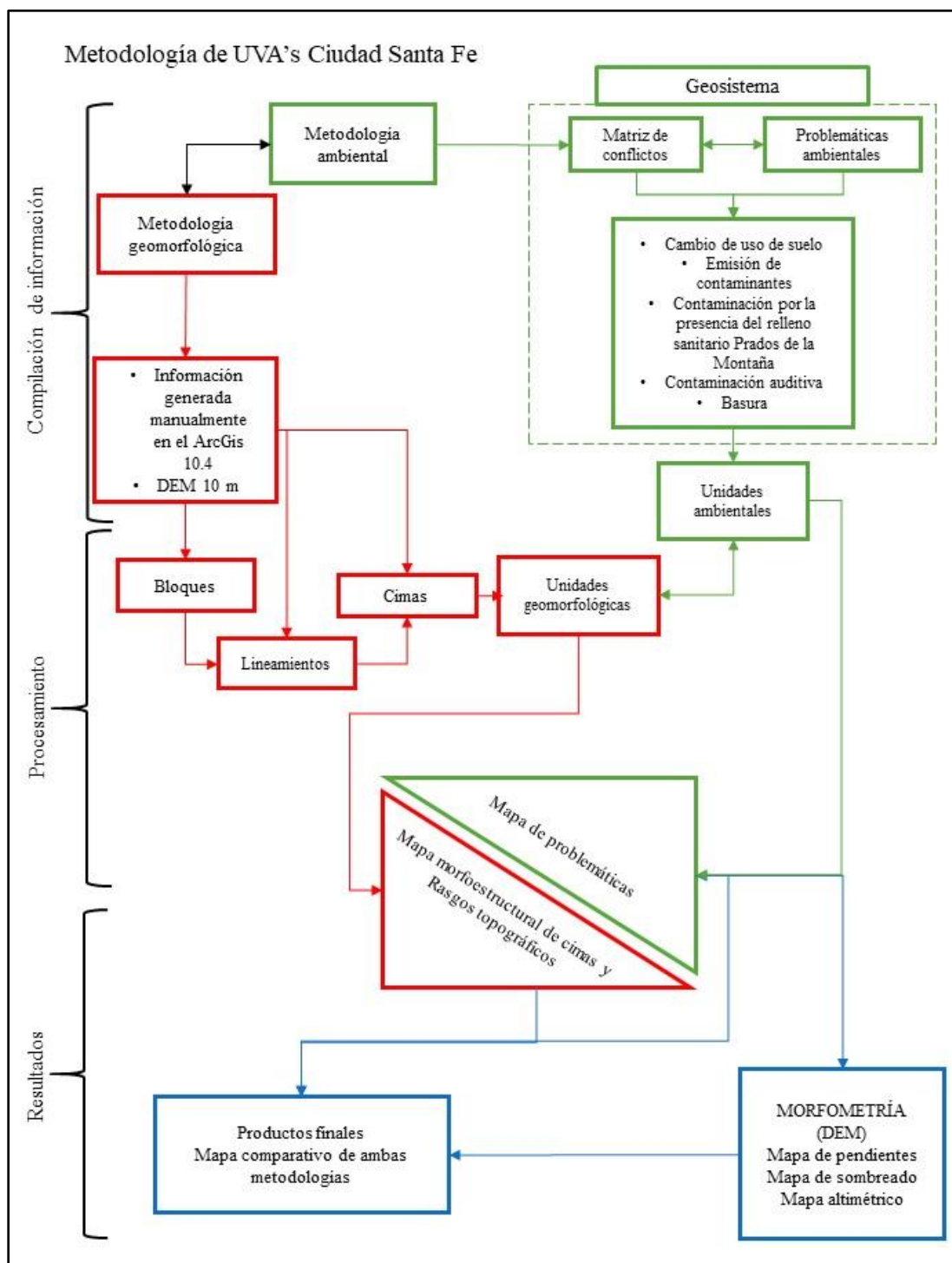


Diagrama 3. Metodología de Unidades de Valoración Ambiental adaptado para el estudio de Ciudad Santa Fe. Elaboración propia

A continuación, en la **Tabla 2**, se presentan los indicadores considerados para la evaluación de UVA's y su papel dentro de la evaluación.

Tabla 2. Tabla de indicadores para la evaluación de UVA's. Fuente Inafed 2005.

Factores	Indicadores	Características
Clima	Precipitación	El incremento paulatino de las emisiones dentro de la zona de estudio genera un alza en las temperaturas y por consecuente mayor contaminación.
	Temperatura	
Relieve	Orogénesis	Las características del relieve servirán como punto de partida para determinar zonas de mayor dinamismo en la litósfera, el cual da como resultado de los procesos de falla y hundimientos que tienen lugar en la superficie, esto aunado a la presencia de grandes edificios que dan como resultado mayor presión en el estrato rocoso.
	Altitud	
	Pendiente	
Suelo	Humedad	Originalmente el suelo de la zona de estudio se caracteriza por ser producto de procesos piroclásticos, no obstante, con la intervención de la minería la estructura del suelo fue alterada dando como resultado la aparición de zonas susceptibles a hundimientos a consecuencia de la sustitución del estrato edafológico por material derivado de residuos sólidos.
	Materia orgánica	
	Potencial productivo	
Vegetación	Tipos de vegetación	La vegetación tiene un papel diferenciado en función de su ubicación dentro del área de estudio, ya que en algunos casos es usada con fines ornamentales, o bien, como aislante de emisiones (esto solo en el relleno Prados de la Montaña).
	Cobertura vegetal	
	Uso de suelo	

La dinámica de los espacios está condicionada por el tipo de ambiente, ya que la mayoría de los espacios actualmente son producto de una alteración artificial en zonas urbanas, esto produce una naturalidad multidimensional que, a su vez, da como resultado el equilibrio o desequilibrio de un medio, el cual siempre es controlado por grupos de personas con mayor poder adquisitivo.

El estudio se realiza a partir de Unidades de Valorización Ambiental a través de la utilización de dos perspectivas: ambiental y morfo estructural. Ambas arrojan resultados distintos, pero la consideración de variables secundarias dentro de este estudio es de suma importancia para evidenciar qué tipo de afectaciones tiene esta zona y delimitarlas. En ambos casos (debido a que la zona tiene una escala grande) fueron utilizados los límites federales,

en este caso AGEB's para el análisis con la finalidad de obtener el menor número posible de zonas.

2.3 Valoración ambiental

Primero se desarrolla la metodología ambiental, ésta se obtiene a partir del uso de la matriz de conflictos, la cual ayudó a evidenciar que problemáticas están presentes en la zona. Los datos obtenidos en dicha matriz fueron recabados en campo mediante recorridos, no obstante, como no tienen una referencia geográfica, se optó por segmentar la zona en siete espacios mediante los límites impuestos por el estado, así se logró promediar los valores numéricos obtenidos de forma subjetiva y calificar cada zona en función de la gravedad de las problemáticas. Hay que mencionar que las problemáticas estudiadas están relacionadas con el relleno sanitario y se valoraron en función de la relación con la producción de biogás o el medio que las rodea.

A continuación, se presentan una serie de metodologías de aproximación ambiental en la zona, es importante mencionar que estas fueron valoradas a partir de recorridos en campo en los cuales se recabaron datos cualitativos por medio de la observación se la zona de estudio en diferentes horarios y días, esto con el fin de contemplar la dinámica de la zona en diferentes contextos espacio – temporales.

2.3.1 Geosistema

La caracterización del geógrafo en su marco de estudio propone el establecimiento de la relación hombre – naturaleza para el análisis sistemático de los factores que se interrelacionan y construyen un espacio en particular. El concepto de Geosistema surge como resultado de trabajos soviéticos a finales de los 70's, este fue adaptado por Georges Bertrand a finales de esa década en Francia. Este diagrama permite analizar la estructura e interacciones biofísicas que ocurren en un espacio en particular, esto dentro del marco de estudio físico, biológico y social.

La metodología planteada por [Bertrand \(1963\)](#), consiste en cinco pasos para la construcción de la estructura de geosistema:

1. **Delimitación del área de estudio:** esta área se delimita con el uso de límites federales y geográficos establecidos por el INEGI, los AGEB utilizados incluyen las zonas de mayor importancia económica, social y ambiental dentro del estudio.
2. **Identificación de variables físicas:** las variables obtenidas responden a una investigación bibliográfica previa sobre las características de la zona, es importante mencionar, que dichas variables tienen una escala estatal, por lo cual, los rasgos identificados son generalizados.
3. **Revisión de las actividades antrópicas realizadas en la zona:** como se mencionó anteriormente Ciudad Santa Fe, es un espacio concentrador de economías, por lo cual las actividades realizadas generalmente responden categorías terciarias, como transporte, distribución de aparatos electrónicos y servicios hoteleros, sin embargo, este apartado se corroboró mediante visitas a campo en diferentes horarios, esto con el fin de observar el comportamiento y las actividades de la población de manera diferenciada.
4. **Antecedentes históricos:** la concentración de diferentes estudios dentro de la zona en diferentes ramas del conocimiento permite un acceso a la información bastante amplio en algunos temas, por lo cual, la construcción de la estructura responde más a la realidad y a los procesos históricos del pasado.
5. **Modelos de aprovechamiento y relaciones sociales:** este apartado crea la integración de la dinámica poblacional con los rasgos físicos encontrados, esto con el fin de evidenciar las relaciones y si los posibles cambios ocurridos corresponden a un proceso físico o social, es importante mencionar que la finalidad de la estructura es identificar las causas del cambio y repercuten en la actualidad.

A continuación, se presenta la estructura del geosistema **Diagrama 4** que consiste en una aproximación subjetiva de las características físicas y las actividades económicas realizadas, además establece una categoría a la zona con el fin de identificar la línea de trabajo en cuanto al marco de estudio. También define las condiciones físicas, que se entienden como el potencial ecológico, la explotación biológica (que es definida como la apropiación de especies y servicios ambientales) y la acción antrópica (que básicamente consiste en los cambios paulatinos de la población reflejados en la dinámica económica para satisfacer sus necesidades). Este último punto tiene mucha relevancia, pues actividades como la

comercialización de servicios de primera calidad correspondientes a las nuevas tecnologías de empresas (como SONY, Microsoft, Huawei, entre otras), tienen un papel importante en la zona ya que presentan la mayor parte del flujo económico, además, generan empleos para miles de personas, de igual forma la compra, venta y renta de inmobiliarias contribuyen al desarrollo económico y social de Ciudad Santa Fe.

La explotación biológica de ciertas especies de plantas y animales para realizar artesanías tuvo mucho auge en la antigüedad, pues dichos elementos eran ocupados como materias primas para elaborar canastas, figuras, abrigos, pulseras, entre otras cosas. Sin embargo, con el aumento de la renta del suelo y la dinámica comercial, actividades como esas fueron desplazadas y sectorizadas, esto debido a que el estatus de la zona tiene no solo una valorización económica, sino también un valor simbólico, por lo cual ese tipo de actividades “afean” el paisaje urbano y con el paso del tiempo generan el aumento de comerciantes, no obstante, en la actualidad las actividades manufactureras se realizan en mercados muy controlados y mayoritariamente turísticos.

Además, dentro de la explotación biológica la existencia de especies rastreras, roedores, reptiles y otras especies, se establecen debido al mal manejo de la basura en espacios abiertos, o bien, al mismo descuido de estas áreas que aumentan considerablemente la presencia de estos organismos, de igual forma, es importante mencionar que muchas de estas especies son características de espacios urbanos, por lo cual su posible erradicación o control es desmedido y poco eficiente.

Geosistema de Ciudad Santa Fe

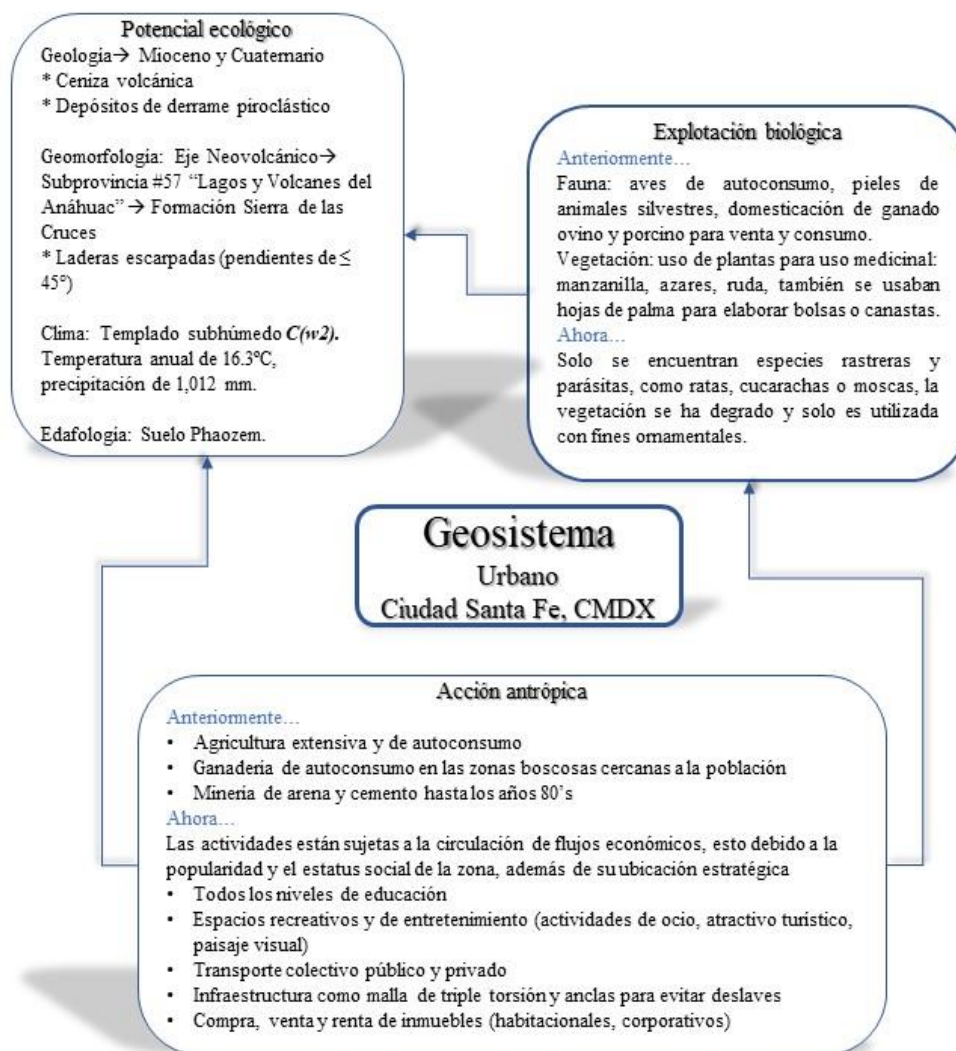


Diagrama 4. Geosistema aplicado a zonas urbanas de Ciudad Santa Fe. Elaboración propia.

Actualmente, Ciudad Santa Fe es uno de los espacios de mayor atractivo económico en México, su ubicación y el potencial del mercado son algunos de los factores por los cuales este sitio es de gran interés para capitales extranjeros, ya que no sólo funciona como un espacio concentrador de flujos comerciales, sino que también, promueve la industria de otras naciones por medio de la publicidad, el atractivo visual y la oferta de vivienda. No obstante, aunque este espacio genere conexiones transnacionales, su relación con la Ciudad de México es casi intangible.

Cuando se habla de actividades económicas urbanas, Paseo de la Reforma y Santa Fe son los espacios más representativos en la Ciudad de México. En el caso particular de Santa Fe, es un espacio socialmente construido a partir de la necesidad de exponer su potencial en todos sus aspectos, principalmente el económico, esto comenzando por el aumento de la renta y la privatización de los espacios, lo cual trajo consigo la necesidad de mano de obra calificada para la realización de actividades como: venta de inmobiliarias, enseñanza educativa de calidad, venta de entretenimiento y actividades de ocio, comercialización de productos de primera calidad, entre otras.

Cada una de estas actividades anteriormente mencionadas se establecen en función de la demanda, la cual se ve reflejada a través de miles de personas que circulan por la zona, aproximadamente 23 500 solo de trabajadores que llegan a la zona, esta cifra según la Encuesta origen – destino (EOD, 2017) y 39 900 de personas que salen de Santa Fe para desplazarse a su trabajo en otra parte. Es importante tener en consideración que la cifra aumenta si se considera la población residente y la que solo se desplaza con fines turísticos a la zona.

Se puede observar dentro del **Diagrama 4** que Ciudad Santa Fe claramente ha estado sometida a diferentes cambios de estado en etapas espacio-temporales muy diferentes, con esto se hace referencia a la continua necesidad de mejora del espacio urbano para su mejor aprovechamiento desde una perspectiva económica, por lo cual el funcionamiento del mismo sistema es cambiante y a la larga (por la introducción o pérdida de algunos factores ecológicos) el proceso sufre alteraciones, por lo tanto, el resultado o producto del mismo es muy variante.

Con base en la teoría general de sistemas, se expresa que para obtener un resultado dentro de una entidad se deben integrar todos los factores que componen su estructura, pero en este caso este proceso es cambiante e impredecible, ya que no se pueden definir las actividades (compra y venta de inmobiliarias, oferta educativa, transporte público, presencia de corporativos, venta de espacios turísticos y actividades de ocio, etcétera) de la zona a futuro, o bien, el abandono de las actividades, sea cual sea el caso.

2.3.2 Problemáticas ambientales

En este apartado se presentan las diferentes problemáticas en Ciudad Santa Fe relacionadas con afectaciones ambientales mediante un análisis minucioso de las mismas, adicionalmente, se consideran los posibles factores relacionados con dicha problemática y su relación con el aumento de riesgos por biogás. Es importante mencionar que este análisis es realizado subjetivamente, por lo cual los resultados están sujetos a la perspectiva del observador en campo. Finalmente, se obtendrá una matriz de problemáticas con un valor en función de su afectación que posteriormente será utilizada para delimitar la zona de estudio en unidades de valorización ambiental. Las problemáticas de análisis son: Uso de suelo, Emisión de contaminantes, Contaminación por el relleno sanitario, Contaminación auditiva y Basura. Cada una tiene una relación diferente con el aumento del riesgo en la zona, ya que afectan no solo el microclima, sino también las personas que circulan diariamente en horas pico.

2.3.2.1 Uso de suelo

Como se mencionó anteriormente, Ciudad Santa Fe se caracteriza por ser un espacio donde confluyen diferentes giros económicos y se diversifica a partir del capital concentrado en puntos estratégicos del complejo. Para el año 2018, según datos de SEDUVI sobre información catastral, el suelo predominante es el habitacional, esto debido al gran interés económico de tener cerca a los pobladores que trabajan dentro de la zona, por lo cual el desarrollo de grandes complejos inmobiliarios es primordial para satisfacer la demanda de pobladores, sin embargo, este tipo de proyectos ha tenido un fuerte impacto en la estructura estratigráfica del suelo, ya que se tiene que realizar un proceso tanto de compresión como de adaptación del estrato rocoso para crear planicies y posteriormente edificios.

Cabe resaltar que gran parte de la Alcaldía Álvaro Obregón se destaca por tener suelos pocos amigables con el sector inmobiliario debido a las pendientes abruptas y la poca estabilidad del material. Aunque el catastro de la zona menciona un uso de suelo definido, cuando se observa el mismo polígono en otras fuentes como Google Earth, se obtiene un resultado totalmente distinto, esto generalmente pasa en esta zona con el uso Habitacional y el uso Corporativo, esta situación no permite un análisis del suelo urbano, por lo cual se tuvo

que generar la información vectorizando los predios de la zona de estudio y agregando el uso de suelo correspondiente.

Los usos de suelo urbano de la zona de estudio se dividen en siete categorías para la zona de estudio, según el Portal de Catastro ([SEDUVI, 2009](#)), cabe resaltar que el año de la fuente puede variar por zona o predio, sea cual sea el caso.

1. Corredor de servicios urbanos
2. Equipamiento
3. Espacios Abiertos
4. Habitacional
5. Oficinas Corporativas
6. Servicios turísticos
7. Subcentro Urbano

Lo que respecta a Ciudad Santa Fe tiene la menor densidad de población en comparación con otros municipios debido a la presencia de personas que llegan con fines de trabajo a la zona, por lo cual se reconoce como un lugar muy visitado y atractivo ([INEGI, 2010](#)) lo que provoca esta asimetría de urbanización, por el entorno rural con una extensión amplia, pero poca población. Asimismo, se verifica la enorme diferencia que el suelo agrícola y de bosques representan con respecto al suelo de uso urbano, que sólo es 10% ([Bonilla Rodríguez, 2014](#)) del total de la superficie a pesar de su incremento en el periodo.

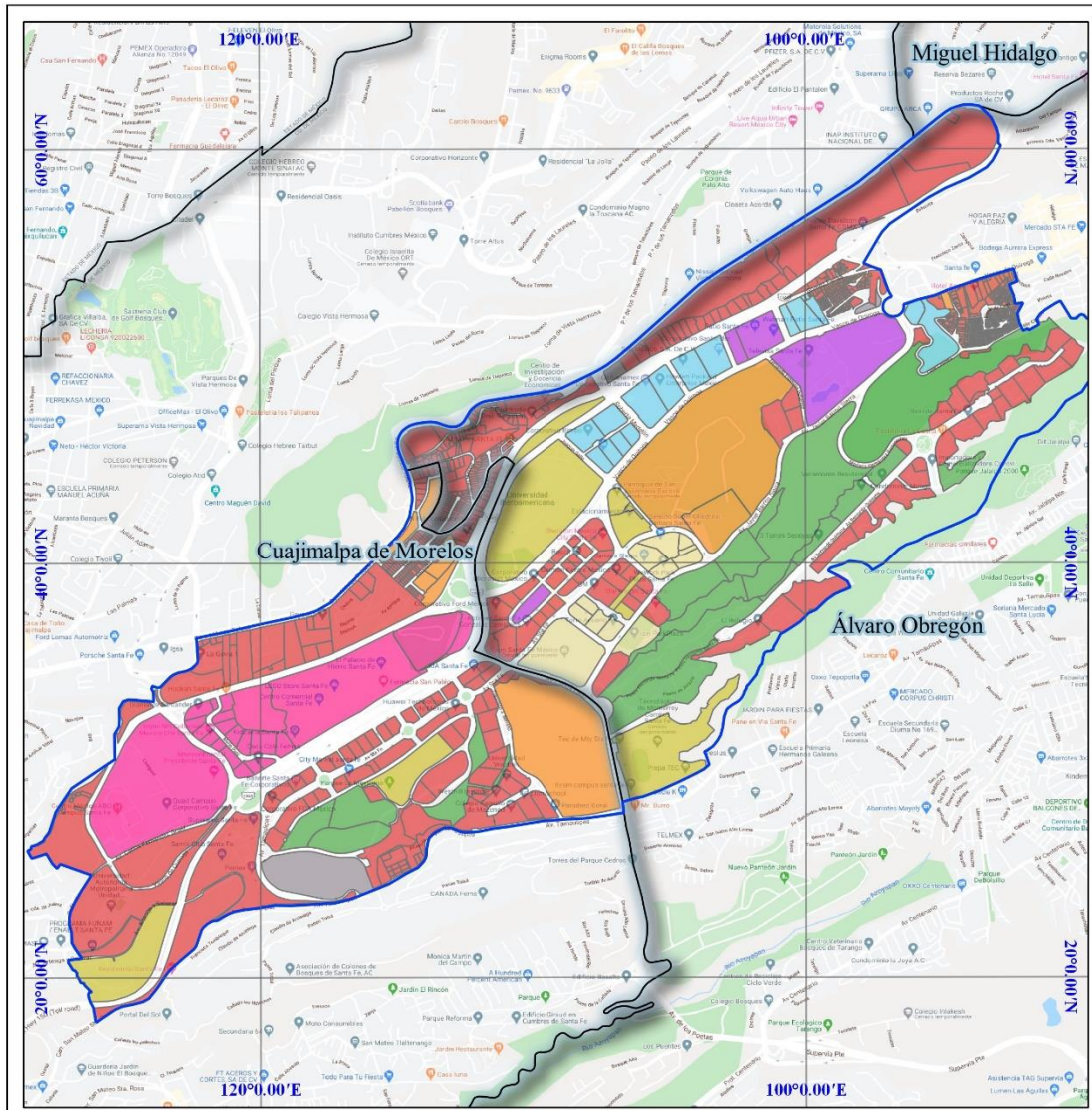
El daño al suelo no sólo es causado por la basura, uno de los más grandes problemas que enfrenta el cambio de uso de suelo, sino también por el proceso de urbanización, esto a consecuencia de la demanda de la población, lo que genera una fuerte asimetría urbana entre ciudades compactas con alta densidad de la población y ciudades difusas de muy baja densidad ([Pradilla, 2011](#)).

Para una mejor representación espacial de la información se optó por concentrar la información obtenida de SEDUVI en un mapa, esta información no está disponible en formato vectorial en la plataforma, por lo cual, se realizó la correlación de los predios de SEDUVI con una capa de catastro de la zona para categorizar el uso de suelo.

En el **Mapa 1** se observa la distribución de los usos de suelo, los cuales responden totalmente a modelos de ciudades centrales donde se plantea que los servicios de primera necesidad (en este caso centros comerciales y servicios turísticos) se encuentran en el centro del complejo con fines geoestratégicos tanto por su ubicación como por las condiciones físicas del terreno. A su vez, como segunda división pueden evidenciarse los servicios recreativos, que no son considerados como los más representativos de la zona, pero son importantes para los ingresos en la zona, estos la mayoría de las veces no tienen un arreglo específico ya que gran parte de estas áreas son producto de la restauración de espacios considerados como poco atractivos para el turista, o bien, porque alteran el paisaje urbano que ofrece esta zona. Como zona final encontramos los complejos habitacionales que en este caso son usados por personas que quieren recibir un estatus social alto y por supuesto que tienen un gran poder adquisitivo, no obstante, en algunas zonas donde el contraste económico es muy notable, este tipo de uso de suelo es, valga la redundancia, utilizado por una gran cantidad de trabajadores.

Considerar el cambio de uso de suelo como variable ambiental es de suma importancia, tanto en la saturación de servicios públicos como en la alteración de terrenos para construcción, lo cual aumenta considerablemente la susceptibilidad del suelo en zonas de mayor ladera, no obstante, a pesar de los esfuerzos realizados por la Alcaldía para evitar este tipo de situaciones, no se ha llegado a un punto estable entre la normativa y los planes de manejo. De igual forma esta afectación causada por el uso de suelo se ve reflejada en la alteración de la cobertura vegetal urbana original, ya que la mayoría de las veces se opta por la introducción de especies de ornato que producen un impacto en el suelo y sus nutrientes, además la cantidad de árboles ha sido restringida a algunas áreas específicas, lo cual aumenta considerablemente las islas de calor.

Uso de suelo urbano para el 2019 Ciudad Santa Fe, Ciudad de México



Simbología

Catastro

- | | |
|---|---|
|  Área verde |  Oficinas corporativas |
|  Corredor de Servicios Urbanos |  Polígono de actuación |
|  Equipamiento |  Servicios turísticos |
|  Espacio público |  Subcentro urbano |
|  Habitacional |  Usos permitidos |

El mapa fue elaborado con información obtenida de Catastro CDMX, tomada por predio.
<http://ciudadmx.cdmx.gob.mx:8080/seduvi/>

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto

1: 22 000

0 500 1000 m



Mapa 1. Uso de suelo en Ciudad Santa Fe para el año 2009.

2.3.2.2 Emisión de contaminantes

Este factor dentro de esta primera aproximación es considerado como uno de los más importantes, esto a causa de la alteración de la temperatura relacionada con la producción de gases de efecto invernadero (GEI), en México de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero ([INEGyCEI](#)), en 2015 emitió 683 millones de toneladas de dióxido de carbono, las emisiones de la Ciudad de México, representan el 3.2% el total emitido este tipo de cuestiones producen una situación de presión en el ambiente, también genera una mayor condensación de biogás en el subsuelo, por lo cual es importante considerar los cambios de temperatura como un foco de riesgo. En este caso, el objetivo es evidenciar las emisiones en la zona y su origen ya que se puede pensar que son provenientes de automóviles o industrias.

El aire de la Ciudad de México se ha ido modificando año con año y ha perdido su pureza debido a la emisión de contaminantes generada por la quema de combustibles fósiles (principalmente provenientes de autos, fábricas o incluso de algunos hogares). Entre los principales contaminantes que afectan el aire de toda la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) destacan las emisiones de partículas, las de impacto a la salud y los compuestos orgánicos volátiles (COV), estos últimos tienen mayor relevancia, ya que contribuyen a la generación de ozono, el cual tiene un impacto directo en la atmósfera ([SEDEMA, 2018](#)). Por lo tanto, la reducción de emisiones es fundamental para el gobierno capitalino, esto con el fin de evitar la exposición de la población y mejorar la calidad del aire.

De acuerdo con la información obtenida en el Inventario de Emisiones, se concluye que gran parte de la energía utilizada en la ZMVM son combustibles procesados como la gasolina y el diésel (los cuales se categorizan como energías secundarias), de igual forma se considera que estas emisiones provienen directamente de la ciudad, por lo cual, las emisiones que los capitalinos respiran a lo largo de su vida son producidas por ellos mismos. A la larga este tipo de procesos puede alterar no solo el microclima, sino que además puede generar un efecto invernadero más focalizado y en casos extremos lluvia ácida.

Actualmente gran parte de las emisiones principalmente de Ciudad Santa Fe provienen de los automóviles, las cuales ascienden a un 70% aproximadamente, esto deriva de la expansión de la mancha urbana ya que la demanda de movilidad es mayor aunado a la

demanda de bienes y servicios, por lo cual el aumento de automóviles particulares asciende considerablemente, tanto en emisiones como en cantidad, siendo así que los autos generan el 83% de contaminación emitida por transporte, esto según cifras de la Flota Vehicular para el año 2016. Según datos de Inventario de Emisiones, se especula que un 8% de los contaminantes son producidos por transporte público, sin embargo, en la zona de estudio el transporte está regulado, ya que la mayoría de las rutas que circulan son híbridas y por consiguiente no generan emisión alguna.

La industria cementera forma parte de las emisiones dentro de Ciudad Santa Fe, en este caso son atribuidas a la cementera sin nombre ubicada en la Avenida Javier Barros Sierra, este tipo de industria genera gases (como el monóxido (CO), dióxido de carbono (CO₂), entre otros,) que son contaminantes altamente tóxicos generados en los procesos de enfriamiento de la escoria o residuos obtenidos después del proceso de molienda, es importante mencionar que este tipo de gases no solo afectan a la atmósfera, sino que además provocan serias consecuencias en la población y los ecosistemas circundantes a la industria, por lo tanto, los gases producidos por dicha industria son altamente tóxicos y contaminantes.

El gas metano generado por métodos anaeróbicos también forma parte de las emisiones, en la Ciudad de México existen dos lugares que se caracterizan por las constantes emisiones de gas metano a la atmósfera, una de ellas es la planta de tratamiento de aguas negras ubicada en la demarcación de Iztapalapa, exactamente aledaña al Cerro de la Estrella y el otro punto es el relleno sanitario Prados de la Montaña, ubicado dentro de la zona de estudio en Ciudad Santa Fe, por lo tanto, es importante considerar las emisiones generadas a partir del relleno. Este tipo de emisiones se generan a partir de los lixiviados de la materia orgánica, que son líquidos, los cuales posteriormente con la presencia de altas temperaturas se convierten en un gas, el cual provoca serios problemas de salud pública y afecta gran parte de su entorno, esto a pesar de que no esté en funcionamiento (SEDEMA, 2018). En la **Ilustración 2** se observa la ubicación de los puntos mencionados y las emisiones que ascienden a casi 2400 toneladas por año, de igual forma se observa que este sombreado púrpura cubre casi en su totalidad la zona de estudio.

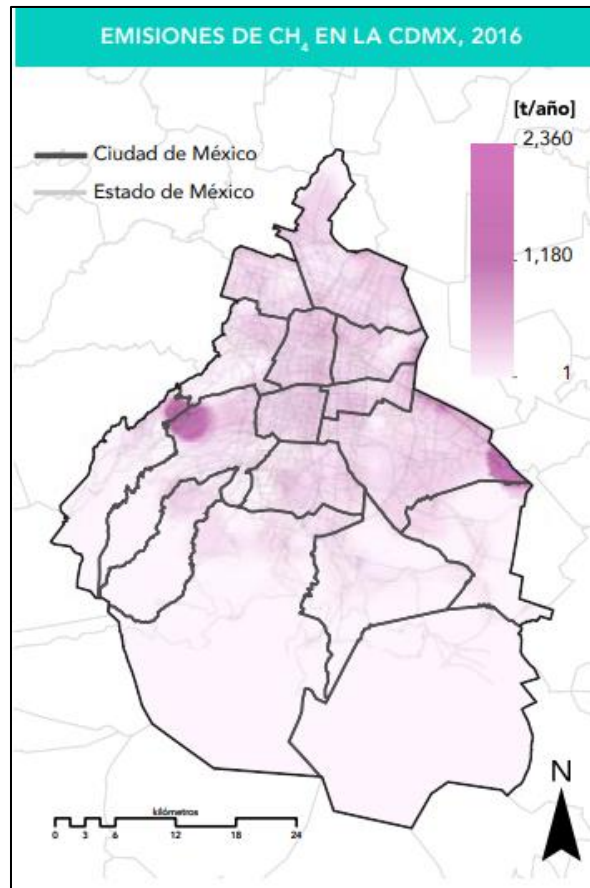


Ilustración 2. Distribución espacial de las emisiones de CH₄ (Gas metano), en la Ciudad de México con base en el Inventario de Emisiones 2016.

Es importante considerar las emisiones como un factor de riesgo, ya que estas provienen en gran parte del relleno sanitario Prados de la Montaña, sin embargo, si se consideran los antiguos rellenos ubicados en zonas aledañas, la problemática es aún mayor, ya que gran parte del antiguo relleno está expuesto a la intemperie y es una fuente contaminante muy grande dentro de la zona de estudio y sus alrededores.

2.3.2.3 Contaminación por la presencia del relleno sanitario Prados de la Montaña

Los rellenos sanitarios son zonas diseñadas para la disposición final de la basura, este consiste en depositar toneladas de la misma en el subsuelo mediante una serie de técnicas de compactación y seguridad para evitar la contaminación del manto freático, o bien, la salida de aromas fétidos. Este proceso se efectúa en áreas pequeñas y generalmente alejadas de las

grandes urbes con el fin de evitar algún evento explosivo o contaminante, ya que en las ciudades con la alta concentración de temperaturas se pueden crear islas de calor, las cuales se especula, pueden aumentar en gran medida el riesgo por explosión.

El relleno consiste en hacer una excavación para la disposición final de residuos domiciliarios, industriales, comerciales y/o lodos no peligrosos, este también necesita de ciertos requerimientos para su control y manejo, como: a) composición del relleno, b) contenido de humedad, c) nutrientes, d) mezcla, e) cobertura y f) compactación. Cada uno de estos factores determina el manejo y el periodo de vida útil del relleno sanitario, también debe de cumplir con algunas fases de descomposición de la basura para el potencial aprovechamiento del gas metano (Colmenares Mayanga & Santos Bonilla, 2007a).

En México, los rellenos sanitarios tuvieron lugar a partir de los años 40's, esto a causa del crecimiento exponencial de la ciudad y por la deducción considerable de la basura, sin embargo, el uso de medidas sanitarias y de disposición final fueron rebasadas por el crecimiento de la población, por lo cual, en 1984 se recurrió a clausurar los rellenos y basureros establecidos por el gobierno, así como a luchar contra la estadía de más de 20,000 basureros clandestinos (López Sánchez & Sámano Lechuga, 1996).

Al iniciar la década de los noventa, la basura generada en el Distrito Federal se disponía en tres rellenos: el Bordo Poniente, Prados de la Montaña y Santa Catarina, además existían seis sitios ya clausurados: Milpa Alta, Tlalpan, Tláhuac, San Lorenzo Tezonco, Santa Fe y Santa Cruz Meyehualco. El tiradero Prados de la Montaña (ubicado en Santa Fe), llegó a ocupar más de 50 hectáreas de barrancas y hondonadas con profundidades de más de 80 metros, se inauguró en 1958 y se clausuró aproximadamente en 1986. Se recubrió con capas compactas de tierra para construir en la superficie instalaciones deportivas.

El método de disposición final regulado tiene la ventaja de evitar malos olores en las inmediaciones, también impide la presencia de roedores, moscas, entre otros insectos. Los terrenos al hallarse llenos pueden ser utilizados posteriormente como campos de juego o parques. (Fundación Senda, 2004). Sin embargo, cuando el relleno no está regulado puede llegar a producir grandes cantidades de gas metano, pues este escapa del suelo y es respirado por los transeúntes. Las cantidades dependen de la temperatura y los días de lluvias ya que

estos factores aumentan considerablemente la cantidad de gas, también puede contaminar el agua por no contar con la infraestructura de suelo de disposición final adecuado para no contaminar el manto freático o las corrientes subterráneas.



Fotografía 1. Zona de relleno expuesto no regulado en Av. Vasco de Quiroga, Ciudad Santa Fe. Autoría propia 01-07-2019

En algunas zonas de Santa Fe se realizaron otro tipo de rellenos no regulados cerca de la Av. Vasco de Quiroga, estos son evidenciados por el mal olor que desprenden y las notables capas de relleno expuestas en zonas aledañas a la Alameda Poniente, estos se generaron como consecuencia de los asentamientos irregulares de personas recolectoras en los años 80's. Algunos de los desechos más evidentes corresponden a plásticos y bolsas, los cuales tardan mucho tiempo en degradarse. En la **Fotografía 1** se observa una parte del relleno no regulado, se observa cómo el deterioro y la cobertura vegetal recuperan el espacio, también se observan casi tres metros de espesor de relleno.

Inicialmente, la creación de rellenos sanitarios se consideraba como una alternativa amigable con el medio ambiente, sin embargo, con el crecimiento exponencial de la mancha urbana, el relleno pasó a ser un peligro para los habitantes y todas las personas que circulan

por la zona, ya que la NOM-083-SEMARNAT establece que los rellenos sanitarios deben ubicarse en zonas rurales con un rango aproximado de dos kilómetros con el poblado más cercano, en el caso de Santa Fe, la zona está completamente dentro del rango y por consecuente expuesta a cualquier tipo de fenómeno no natural, en este caso una explosión.

2.3.2.4 Contaminación auditiva

La contaminación auditiva es un problema de gran preocupación en zonas urbanas. El tráfico vehicular en vialidades principales es el principal factor de producción de contaminación acústica. Las variables principales que inciden en el ruido urbano son el tráfico rodado y su impacto según el uso de suelo colindante. Para (Romo Orozco & Gómez Sánchez , 2012) las fuentes que provocan ruido se dividen en dos grandes grupos: las que dañan el sistema auditivo y las que molestan o afectan la salud psicosomática del individuo. En las grandes urbes es importante mencionar que automóviles de motor (motocicletas, coches, camiones de carga, transporte público, entre otros) producen una gran fuente de contaminación, tanto en nivel local como zonal, esto hace más referencia a transportes aéreos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) especifican más a fondo sobre las diversas problemáticas en la salud derivadas de la exposición constante de un individuo a emisiones sonoras muy altas, por lo cual especifica que una persona no puede estar expuesta a más de 65dBA para evitar afectaciones psicológicas, esto para el año 1986, pero para 1989 propuso un límite fijo de 55dBA como nivel de ruido aceptable Berglund et al. (1999). Algunos científicos y estudiosos de la audición plantean que la exposición a un nivel más elevado del establecido puede causar la pérdida progresiva de la audición.

La **Ilustración 3** muestra la cantidad en decibeles de un grupo de personas. Claramente se observa que los vehículos de motor alcanzan casi el doble de lo establecido, lo cual resulta preocupante para la población circundante tanto de la zona de Ciudad Santa Fe, como en sus alrededores.

<i>Actividad</i>	<i>Nivel sonoro en decibeles con ponderación A (dBA)</i>	<i>Percepción del ambiente</i>
Pisada	10	Ambiente silencioso
Cámaras de laboratorio	10	
Viento en los árboles	20	
Estudio de grabación	20	
Conversación en voz baja	30	Ambiente poco ruidoso
Dormitorio	30	
Biblioteca	40	
Oficina	50	
Despacho tranquilo	50	
(Nivel propuesto por la OMS al aire libre, 55 dBA)		
Conversación	60	
Electrodomésticos	70	Ambiente ruidoso
(Exposición prolongada a más de 70 dBA causará pérdida de audición y otras afectaciones a la salud)		
Calle transitada	80	
Tránsito vehicular congestionado	80	
Transporte de carga pesada	90	
Motocicleta	100	Ambiente molesto
Maquinaria industrial	100	
Concierto de rock	120	Ambiente insoportable
(Limite de umbral del dolor: 120-130 dBA)		
Martillo neumático	130	
Despegue de avión	150	

Ilustración 3. Nivel sonoro de decibeles emitidos por diferentes factores. OSMAN (2010) Ruido y salud, Guías profesionales, Andalucía.

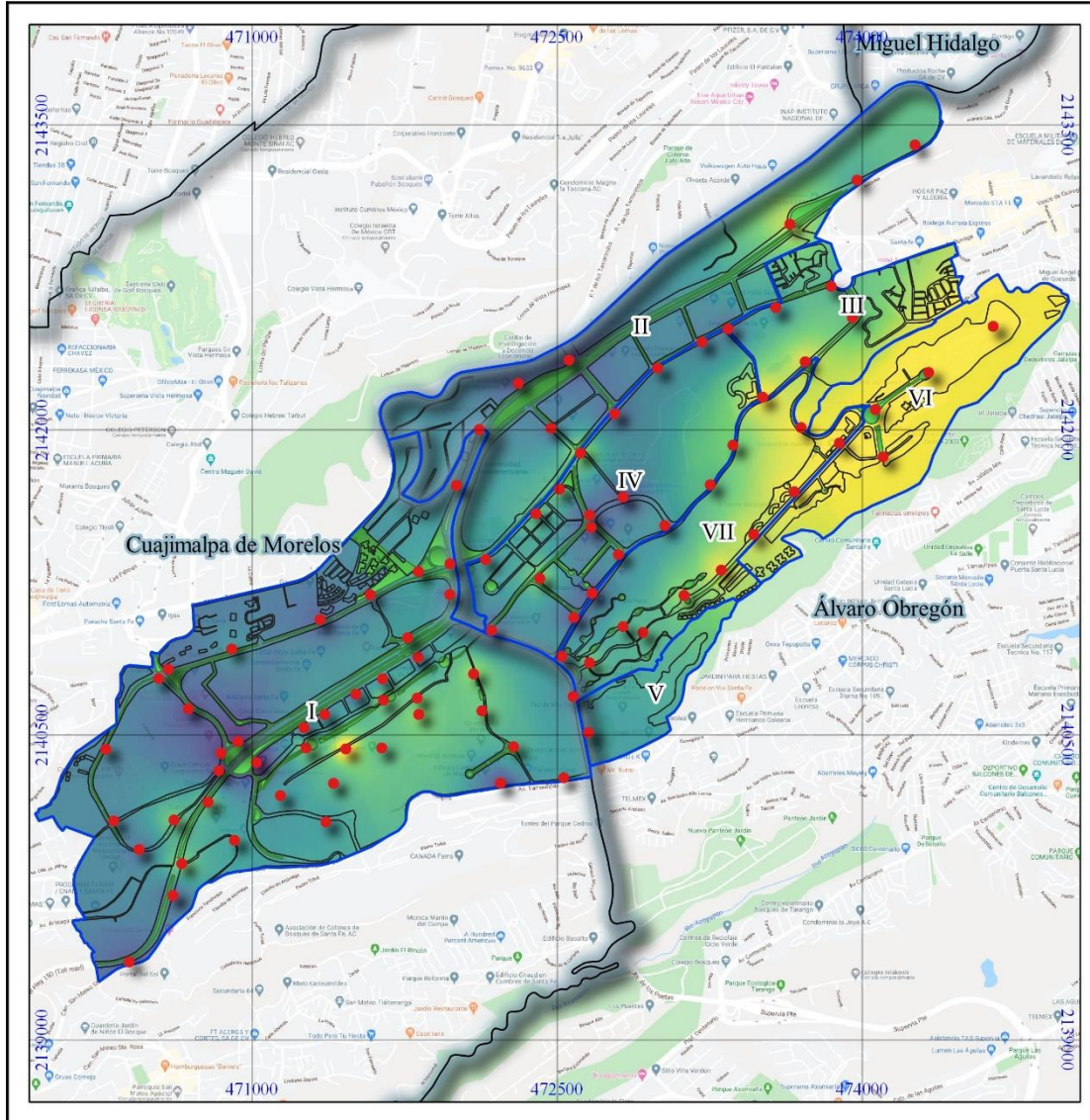
Para el estudio se hizo uso de un método español, donde se recaba información de ruido por medio de un aparato en campo, para enriquecer la evaluación. El Observatorio de la Salud y Medio Ambiente de Andalucía, en su reporte de Ruido y Salud de 2010, lista numerosos efectos negativos en la salud producidos por la contaminación auditiva. Desde alteraciones al sistema circulatorio y nervioso, hasta tensión muscular, cambios hormonales, incremento de la presión arterial, fallas cardíacas, trastornos en el proceso digestivo y problemas durante el embarazo. Se especula que otros malestares de tipo psicológico incluyen alteración del sueño, estrés, baja concentración y disminución del desempeño laboral, nerviosismo, fatiga e inestabilidad emocional. Está claro el hecho de que, dado que la zona de estudio alberga a una gran población de empleados y estudiantes en los complejos económicos, pueden suscitarse algunos casos de estrés o bien, la contaminación auditiva puede ser un factor motor para la manifestación de este trastorno.

Para llevar a cabo una representación más fidedigna de la información, se optó por la obtención de decibeles (db) en la zona de estudio por medio del uso de una aplicación móvil, esta fue comprobada con un aparato medidor de sonido para evitar la obtención de datos erróneos. Se realizaron recorridos por la zona para tomar mediciones, estas fueron ubicadas estratégicamente en sitios de mayor ruido o bien, en caso de tener poca movilidad, se dividió de manera subjetiva las calles más largas en tres y se tomaron los puntos, posteriormente se plasmó la información en un mapa.

Dentro del software QGIS se realizó en tratamiento de datos puntuales, estos fueron interpolados por el método IDW, este se encarga de resaltar la significancia de los puntos basándose en la distancia del punto inicial al punto más cercano con el objetivo de representar cartográficamente el valor de un punto, en este caso valor de decibel, por medio de un gradiente, donde las tonalidades oscuras representan mayor concentración y las claras menores. Estos valores van de los 62 db que corresponden al ruido emitido en una conversación normal a 95 db que es el ruido producido por el freno del motor de un camión de carga, toda esta información se representa espacialmente en el **Mapa 2**.

En la zona de estudio el ruido es producido principalmente por generadores ubicados en los subterráneos de los edificios, estos pueden ser de electricidad, o bien, de agua. Gran parte de estos se encuentran en la zona central de ZEDEC Santa Fe, Centro Comercial Santa Fe y Plaza Samara, produciendo así una gran concentración de ruido, esto aunado a la circulación de transporte público, la circulación de personas y automóviles particulares, lo cual aumenta considerablemente la tensión de estas áreas. Por otro lado, es importante mencionar que las áreas verdes denotan la menor concentración de sonidos, esto puede deberse al buen servicio en cuanto a confort y tranquilidad para los residentes.

Contaminación auditiva. Ciudad Santa Fe.



Simbología

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| ● Puntos de muestreo | Nivel de contaminación auditiva |
| ▭ Límites | ▭ Muy baja |
| ▭ UVA's | ▭ Baja |
| ▭ Áreas verdes | ▭ Media |
| ▭ Manzanas | ▭ Alta |
| | ▭ Muy alta |

Este mapa fue elaborado por medio de recorridos en campo y toma de muestreos con la aplicación Sound Meter con un teléfono celular.

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Mapa 2. Contaminación auditiva en Ciudad Santa Fe.

2.3.2.5 Basura

La basura es una problemática generada casi desde la industrialización de los productos que empaquetan y almacenan los productos procesados, esto es característico de sociedades preindustriales donde se piensa que la basura no ocasiona alteraciones en el medio por arrojarla al suelo o depositarla en ríos y lagos, sin embargo, representa todo lo contrario, ya que este tipo de acciones provocan la aparición de patógenos, plagas no controladas, encharcamientos por la saturación de residuos en el sistema de drenaje y demás problemas relacionados con el mal manejo de la misma.



Fotografía 2. Basura encontrada en Av. Santa Fe, cercana a ZEDEC. Autoría propia 01-07-2019

Hasta ahora el crecimiento poblacional ha contribuido directamente con la producción de residuos, para el año 2003 (según cifras de SEMARNAT) la producción de basura anual en México asciende a 30 millones 733 mil toneladas (84 mil 200 toneladas diarias), estas cifras son alarmantes, pues colocan a México en el décimo lugar a nivel mundial en producción de basura para el mismo año, no obstante, la regulación de residuos se ha visto rebasada en casi

todas las zonas urbanas del país, ya que se opta por la disposición final de la basura mediante métodos muy primitivos, pues en lugar de proponer una cultura de la basura más amigable con el ambiente se mantiene cualquier tipo de residuos almacenado en algún sitio dentro o fuera de la ciudad, o bien, simplemente se olvida el problema mientras este genera todo tipo de enfermedades y problemáticas sociales.

La zona de estudio es un buen ejemplo de la cultura y el enfoque histórico que se ha tenido respecto a la basura ya que anteriormente, durante los años 80's, gran parte de este lugar eran tiraderos regulados y no regulados. En la actualidad, este tipo de problemática representa una situación preocupante ya que gran parte del atractivo económico y turístico de la ciudad se ve afectado, por lo cual este debe de estar libre casi por completo de residuos en la calle por la posible producción de plagas u otros factores.

2.3.2.6 Matrices de conflicto

Las matrices funcionan mediante el planteamiento del problema, donde se cuestionan las características de las problemáticas de una zona en particular mediante la sistematización e interpretación a través de la explicación del porqué, cómo, cuándo y dónde ocurre un fenómeno en particular, en un espacio y temporalidad determinados (Rojas, 1977). Es importante mencionar que dichas matrices estudian ampliamente las condiciones y funcionan de manera más adecuada mediante la aplicación interdisciplinaria, esto permite obtener un contexto más amplio y exacto de las características reales del área de estudio, de igual forma, se opta por recorridos en campo para el estudio de problemáticas, esto con el fin de tener un entorno actualizado y detallado.

Las problemáticas bajo estudio fueron identificadas con base en una investigación de gabinete que posteriormente fue corroborada en campo. La representación en X corresponde a las problemáticas y Y corresponde a las zonas bajo estudio. En este caso las zonas utilizadas son los AGEB que cubren el área de estudio. Inicialmente con la información de gabinete se hace un primer estudio representado en la **Tabla 3**, en la cual se presentan con (*) la presencia de alguna problemática en la zona correspondiente. Posteriormente, en la **Tabla 4** se asigna una ponderación que va del 1 al 10, donde 1 representa poco o nulo y 10 representa mucho o alto respectivamente.

Esta metodología contribuye a la evaluación subjetiva de las problemáticas y funcionará como un punto de partida para generar cartografía a partir de una base de datos obtenida de la matriz de conflictos. Mediante el uso de matrices de análisis se evaluarán las problemáticas en función de una perspectiva distinta a los residentes de la zona, de igual forma se hará uso de la delimitación por unidades de valoración ambiental para facilitar el manejo y representación de datos, este tipo de estudio se realiza con el fin de evidenciar qué problemática tiene mayor impacto y si la hipótesis es válida para considerar que el relleno es el principal foco de alerta.

La **Tabla 3** representa las problemáticas de la zona de estudio y una evaluación de las mismas desde una perspectiva subjetiva, esto demuestra que la zona I tiene el mayor número en la valorización, esto debido a la cercanía de la comunidad con el relleno Prados de la Montaña y las vialidades que corren por la zona, estas vialidades son valorizadas con mayor puntaje porque son usadas para el transporte de carga y transporte público pesado, de igual forma se hace mayor énfasis en el estudio de esta zona debido a su importancia económica y la presencia del relleno regulado. Además, se considera que a lo largo de un periodo aproximado de 30 años es el espacio con mayores cambios dentro de este complejo, esto último haciendo referencia a infraestructura y equipamiento.

Tabla 3. Tabla de problemáticas ambientales valorada con puntos de 1 a 3.

Problemáticas ambientales						
Z O N A S		Cambio de uso de suelo	Emisión de contaminantes	Relleno sanitario	Contaminación auditiva	Basura
	I	***	**	***	***	
	II	**	**	**	***	**
	III	**	***	***	**	**
	IV	**	**	***	***	**
	V	***	***	***	***	**
	VI	***	*	**	*	***
	VII	***	***	***	**	***

Con respecto a la matriz de problemáticas ambientales se obtiene que la problemática principal se relaciona con el relleno sanitario, por lo cual parte de la hipótesis se comprueba, pues el relleno sanitario si es la problemática principal dentro de la zona desde una perspectiva subjetiva y cualitativa. Se igual forma se puede considerar como variables secundarias las actividades económicas de las zonas V y VII, pues se encuentran en constante contaminación de gas metano emitido por los rellenos presentes en la zona, tanto el Relleno Prados de la Montaña que se considera regulado como los que anteriormente se ubicaban en la zona aledaña a la Alameda Poniente.

Tabla 4. Matriz de conflictos ambientales valorada del 0 al 10, utilizando la delimitación por unidades de valorización ambiental en la primera fila de la tabla

Matriz de conflictos								
Problemáticas		I	II	III	IV	V	VI	VII
	Cambio de uso de suelo	9	6	5	5	8	9	9
	Emisión de contaminantes	6	9	8	8	9	5	9
	Relleno sanitario	9	9	10	9	9	8	8
	Contaminación auditiva	8	9	6	10	9	4	7
	Basura	1	7	6	8	7	9	8
		34	40	35	40	42	35	41

2.3.3 Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un cuadro de doble entrada de relación causa – efecto empleado en el diagnóstico del impacto ambiental. Esta matriz sistematiza la relación entre las acciones a implementar en la ejecución de un proyecto y su posible efecto en factores ambientales.

Este tipo de matriz ha sido ampliamente utilizada como método de análisis cualitativo, el cual por medio de una evaluación de impactos (positiva o negativa) destaca las posibles problemáticas de un espacio determinado. Es importante mencionar que éste casi siempre se realiza mediante un análisis *in situ*, esto con el propósito de interactuar con el espacio y determinar de forma más certera las acciones de los habitantes, así como sus posibles afectaciones al medio. Entre sus principales ventajas destacan su aplicación a casi todo tipo de proyectos y los bajos costos durante su aplicación, aunque al ser un análisis subjetivo puede crear varianzas derivadas de la percepción de cada uno de los analistas. Por otro lado, se establece que un análisis como este sólo considera acciones primarias, es decir, que reconoce la individualidad de cada afectación sin tomar en cuenta factores ambientales o repercusiones secundarias.

La magnitud de esta matriz será valorada del 1 al 10 en números positivos, esto para facilitar el análisis y simplificar la evaluación de datos. Se considerará el número 1 como un valor bajo o mínimo y el 10 como límite o máximo respecto a la metodología establecida de análisis ambiental, este valor pondera cada valorización ambiental de forma subjetiva, por lo cual pueden generarse algún tipo de alteración con respecto a los diferentes valores de un mismo espacio geográfico.

Acciones		Afectación											
		Basura en las calles	Relleno sanitario	Emisión de contaminantes	Lixiviación de contaminantes	Presencia urbana	Uso de suelo	Contaminación auditiva	Contaminación del agua	Vías de comunicación	Obras de construcción		
FÍSICAS	Cobertura vegetal	8	7	7		9	9		5	3	9	57	305
		8	6	8		8	8		5	3	9	55	
	Relieve	1	8	4		9	7		1	7	8	44	
		1	7	5		8	9		1	6	7	44	
	Estabilidad del suelo	10	10		6	8	8		1	2	8	53	
		10	10		8	9	9		1	3	9	59	
	Pendiente		8		2	8	6			1	8	33	
			6		1	7	5			1	10	54	
	Calidad de Aire	9	10	10		2	5			8	10	54	
		8	10	10		1	5			10	10	39	
	Clima (macro/micro)	8	10	10		9	8		3	8	8	64	
		9	9	10		10	9		6	9	9	71	
BIOLÓGICAS	Arboles	2	6	7	2	5	8		3	4	8	45	132
		3	4	8	3	8	7		4	4	6	47	
	Arbustos	3	6	7	3	7	9		3	3		41	
		4	4	8	4	8	8		4	4		44	
	Estrato herbáceo	3	5	7	2	7	8		5	8	1	46	143
		4	6	8	5	8	8		6	6	1	52	
SOCIALES	Extracción de recursos naturales					5	6			9	9	29	239
						6	7			8	10	31	
	Paisaje (vista)	9	10	6		5	5	8	5	4	9	61	
		8	10	7		5	7	9	8	4	9	67	
	Calidad de vida	7	9	9		1	5	5	8		6	50	
		8	9	10		2	4	5	7		5	50	
	Densidad de población					5		6		1	8	20	
						6		5		1	9	21	
	Salud y seguridad	5	8	9		8		5	9			44	266
		6	8	9		8		6	9			54	
Parques y áreas verdes	9	8	2	3	6			1	3	3	35		
		9	8	3	4	8			1	4	6	43	
		74	127	78	18	94	84	24	44	61	95	676	676
		78	97	86	25	102	86	25	52	63	100	731	

Tabla 5. Matriz de Leopold de Ciudad Santa Fe

Una vez llena la tabla se realizan las sumatorias y se procede a obtener valores resultados en ellas. Para terminar, se realiza la evaluación de los parámetros de importancia en función de la valorización dada, cada valor debe colocarse en la parte final de las columnas y filas,

esto para determinar la magnitud del impacto, por lo tanto, la matriz se convierte en un resumen de la evaluación.

Como se puede observar en la matriz, las acciones como la presencia urbana tienen una gran afectación en todos los ámbitos, esto debido a que la modificación de los espacios por el antropocentrismo crea conflictos a consecuencia de otros factores como la creación de construcciones, la expansión de las industrias (en este caso no son manufactureras) y el aumento de personas en la zona, esto ocasionado por la atracción que provoca la zona por su gran oferta económica y de entretenimiento, esto último haciendo referencia a las plazas comerciales principalmente.

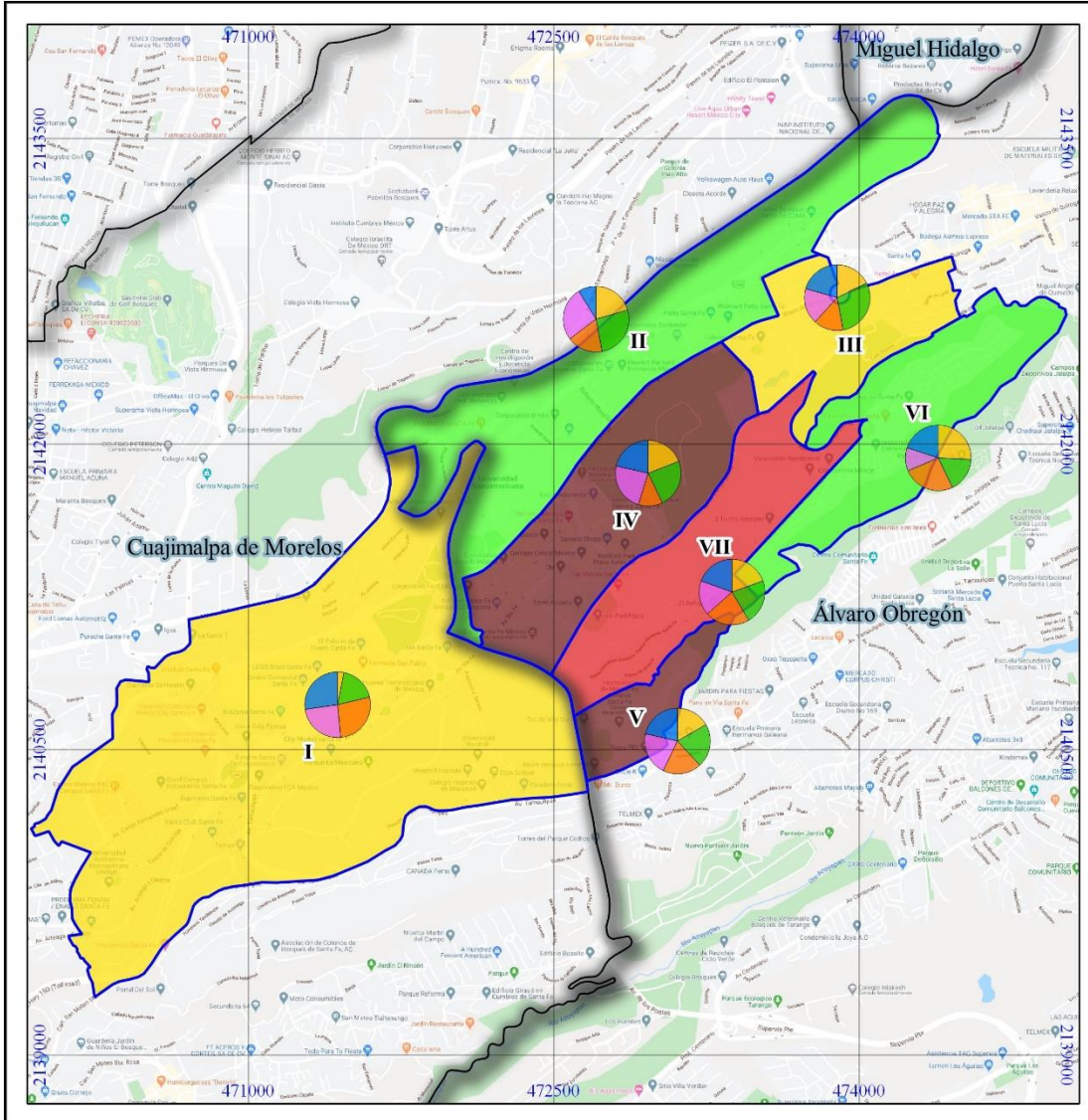
De igual forma se pueden considerar las afectaciones físicas y biológicas consideradas en la matriz como preocupantes, ya que el uso de suelo a lo largo de los años en la zona de estudio es notable, lo cual altera considerablemente el micro clima y debilita la salud pública ocasionando enfermedades relacionadas con la respiración de contaminantes y la constante influencia de agua contaminada debido a la ausencia del sistema de drenaje.

2.3.4 Mapa de Unidades de Valoración Ambiental (Método ambiental)

Finalmente, en el software QGIS 3.8 se elaboró la representación cartográfica, el promedio se presenta con colores verde, amarillo, rojo y guinda en cada zona los cuales representan la gravedad de las problemáticas antes mencionadas. Como resultado se obtuvo que las zonas IV y V tienen mayor relevancia en el estudio, esto se debe a que a través de estas áreas circulan miles de automóviles, pues la Avenida Carlos Lazo conecta con la Supervía Poniente y la Av. Constituyentes, las cuales son vialidades muy importantes en la zona y en la ciudad.

De igual forma se representan dentro del **Mapa 3** por medio de gráficos de pastel la presencia de cada problemática dentro de cada UVA, en la zona la que tiene mayor valor es la emisión de contaminantes, lo cual es evidente debido a las grandes cantidades de gas metano emitidas por el relleno sanitario Prados de la Montaña y alrededores. Lo anterior se liga con la temperatura máxima anual que va de los 14 ° a los 17° en los meses de marzo y abril, estas temperaturas provocan aún más contaminación y la alteración del microclima.

UVA Ambiental: problemáticas ambientales. Ciudad Santa Fe.



Simbología

- UVA's
- Relleno sanitario
- Contaminación auditiva
- Problemáticas categorizadas
- Nulo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Cambio de uso de suelo
- Emisión de contaminantes
- Basura

Este mapa fue elaborado con la información obtenida en las matrices de conflictos y por medio de recorridos en campo para calcular la gravedad de las problemáticas bajo estudio y categorizarlas en función de la afectación de manera subjetiva.

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84

Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto

Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Mapa 3. Unidades de Valoración Ambiental (Método Ambiental), Ciudad Santa Fe

El relleno regulado no tiene repercusión en el suelo, pero en Alameda Poniente, Televisa Santa Fe y la zona de laderas existían rellenos no regulados que actualmente pueden observarse en las capas expuestas de rellenos sólidos al circular por algunas de las avenidas.

2.4 Valoración morfo estructural

En cuanto a la metodología morfo estructural, la zonificación se llevará a cabo en función de unidades ambientales, las cuales responden al comportamiento de las curvas de nivel. Éstas evidencian la dirección de los procesos erosivos y la discontinuidad de los materiales, además las curvas de nivel no solo funcionan para identificar procesos naturales, sino también sociales ya que los asentamientos humanos responden a las planicies entre curvas y las zonas de valles dentro de un territorio. Esta metodología se utilizará para evidenciar la configuración morfo estructural del terreno, esto permite dar cuenta de los procesos que producen más presión en un espacio determinado, además de considerar la dirección del proceso y su orogénesis.

De igual forma se presenta el mapa de UVA's por la metodología morfo estructural, el cual por su parte representa la delimitación en función de la configuración de las curvas de nivel y la dirección de los procesos endógenos que condicionan los asentamientos humanos esto es suficiente para valorar las topoformas del relieve dentro de la zona. Un factor muy importante a tratar es el acomodo de los asentamientos, ya que en las curvas de nivel a 10 metros se aprecia como las comunidades responden a los terrenos planos y con suelos favorables para la construcción de edificios de gran plusvalía o vías de comunicación.

Los desprendimientos de los materiales rocosos están asociados a la topografía de la zona de estudio, ya que se pueden presentar pendientes muy abruptas y altiplanicies con materiales geológicos de fácil disolución, en este caso generados a partir de la comprensión de desechos sólidos. Por su parte, en la zona de estudio el proceso de desprendimiento se caracteriza por ser termokarst, este tipo de proceso resulta del hundimiento del material menos consolidado para posteriormente general dolinas o uvalas, las cuales son efecto de la disolución por medio de la presencia del agua como actor erosivo. Estos fenómenos se

presentan cuando los factores climáticos y antrópicos ejercen presión sobre la estructura, así como en la configuración del suelo rocoso.

Existen tres tipos de procesos asociados al comportamiento de las laderas:

- ❖ Factores geomorfológicos: estos procesos generalmente se encuentran asociados a la estratificación del material causado por la geometría de los taludes, o bien, por la dinámica interna de la Tierra, la cual crea diferentes tipos de fallas en la superficie terrestre.
- ❖ Factores internos: estos factores se relacionan con la estructura de la roca, ya que el tipo de material presente condiciona la erosión y meteorización de la misma, esto posteriormente puede generar procesos de fragmentación (como la termoclastia y bioclastía).
- ❖ Factores climáticos: se asocian al régimen de precipitaciones y a la presencia de redes hidrológicas cercanas a la roca o al material rocoso.

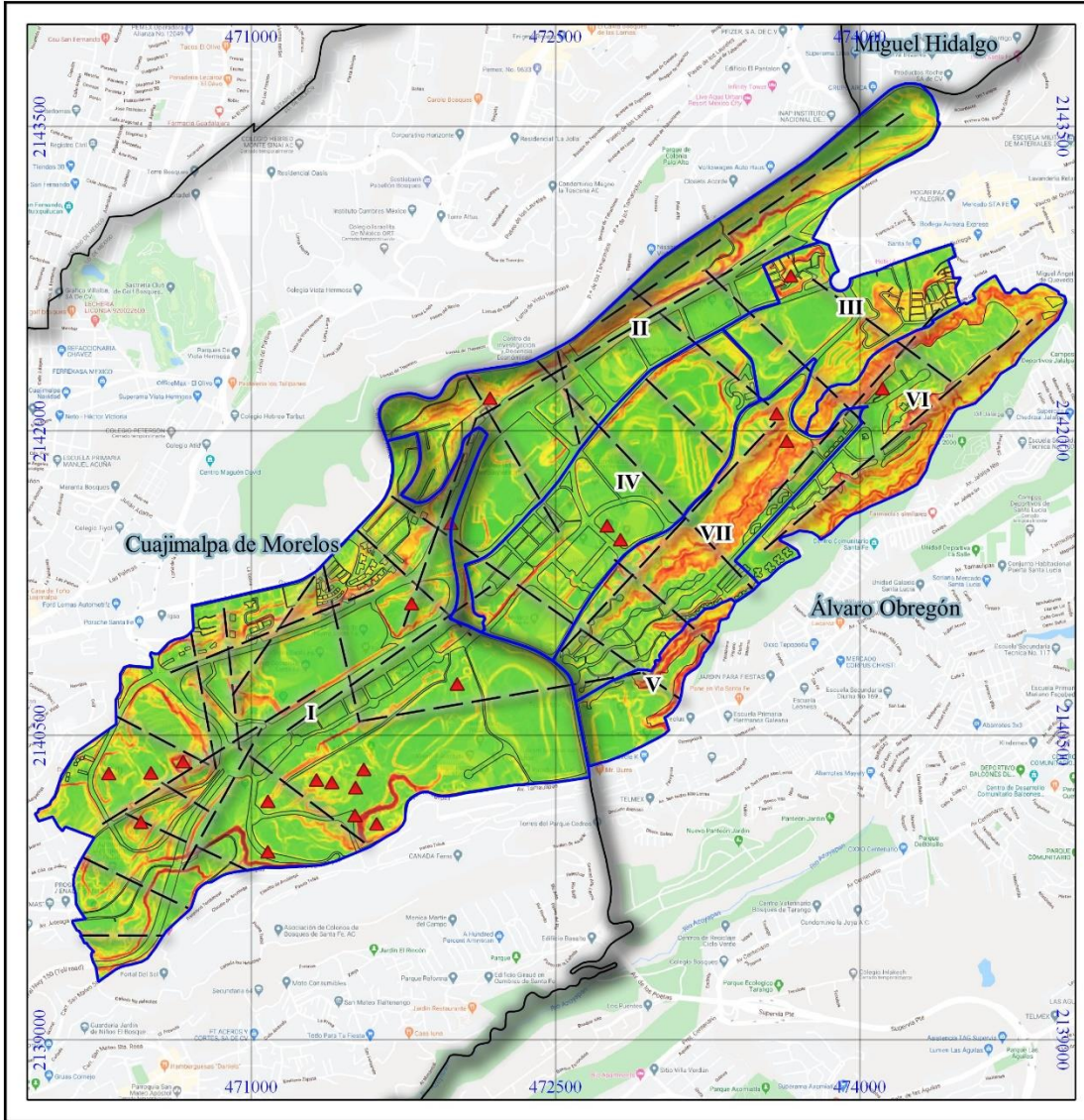
Generalmente la caída de material se asocia a los grados de la pendiente, en el caso de la zona de estudio se presentan laderas mayores a 30° de pendiente, esto genera aún más vulnerabilidad en la población. Esta población se ubica en el oriente de la estructura geomorfológica, donde las pendientes medias en adelante son más susceptibles al desprendimiento de materiales, de igual forma, la influencia de la antigua actividad minera es de suma importancia, ya que gran parte del territorio estudiado está conformado por escorias del material procesado de las minas, por lo cual su cementación es muy inestable y puede presentar desprendimientos de caída libre o derrumbes.

En el **Mapa 4** las zonas con colores naranja y rojo representan áreas de mayor susceptibilidad a hundimiento o derrumbes del estrato rocoso, además coinciden con el arreglo de cimas en la zona, algunas de estas corresponden topofomas geomorfológicas como dolinas. Es importante destacar que éstas no representan cumbres de montaña, sino que solo son puntos de mayor altitud dentro de la zona. También la representación de fallamientos se encuentra estrechamente relacionado con la configuración de las curvas de nivel y la pendiente.

Las topoformas son de suma importancia en el desarrollo de las comunidades y la modificación de las mismas puede crear factores de riesgo, no obstante, algunos de los procesos naturales (como la presencia de karts) se desarrollan a partir de procesos físicos, en este caso asociados con la presencia del recurso hídrico y la formación del terreno rocoso resultado de procesos geológicos. De igual forma es importante mencionar que esta zona es activa y dinámica debido a la ocurrencia de microsismos registrados en este año 2019, algunos con epicentro en la Alcaldía Álvaro Obregón.

Finalmente, es de suma importancia considerar que las estructuras geomorfológicas presentes derivadas de las topoformas son producto de la constante actividad erosiva del hombre, ya que gran parte de los cortes de curvas que podrían representar zonas de valles o rupturas naturales, pero en este caso gran parte de los cortes se asocian a la infraestructura, principalmente a las vialidades, pues la adaptación del terreno es evidente para la dinámica económica de la zona de estudio. Por lo tanto, esta aproximación no es geomorfológica, pues solo se busca evidenciar las pendientes abruptas que puedan generar deslizamientos de laderas o suelos susceptibles.

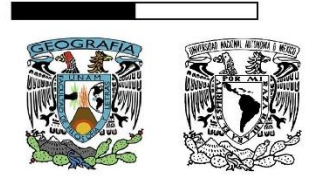
UVA Morfo estructural: grados de pendiente y fracturas Ciudad Santa Fe.



Simbología	
Límites	Pendiente (°)
UVA's	0° de inclinación
Manzanas	18 - 36° de inclinación
Rasgo geomorfológico	37 - 55° de inclinación
Puntos más altos	56 - 74° de inclinación
Fallamientos	+ de 75° de inclinación

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS
 Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



La información de este mapa fue generada mediante el uso de un DEM a 20 m, el cual fue procesado por el método Slope, para obtener la pendiente en grados de inclinación en el software QGIS.

Mapa 4. Unidades de Valoración Ambiental (Método morfo estructural), Ciudad Santa Fe

En concreto la utilización inicial de la metodología ambiental que va desde el uso de matrices hasta la segmentación del área de estudio denota que la zona responde a una problemática en especial capturada a partir de recorridos en campo y clasificación subjetiva de las diferentes dinámicas que exponen a la población a diferentes escenarios, estos pueden estar condicionados por el tipo de suelo, la topografía y la cercanía del individuo a las mismas, por lo cual, el comportamiento y dinámica de Ciudad Santa Fe ante estas problemáticas es diferencial.

Es importante mencionar que las zonas IV y V bajo estudio son las más afectadas dentro de este proyecto, esto quiere decir que la población presente puede considerarse como expuesta en función de los procesos estudiados. No obstante, la variabilidad es muy probable dentro del estudio, ya que la aproximación planteada es meramente subjetiva.

De igual forma es importante mencionar que la delimitación de áreas de segregación para valorar las problemáticas arroja que la emisión de contaminantes y el relleno sanitario son las principales afectaciones en el área de estudio. Además, este proceso cumple para el posterior estudio del relleno como posible riesgo dentro de Ciudad Santa Fe.

CAPÍTULO 3

Evaluación de amenazas y vulnerabilidad relacionados con la presencia de biogás

3.1 Análisis de amenazas

3.1.1 Estimación de amenazas relacionados con mecánica de suelos

La mecánica de suelos es una disciplina auxiliar de la rama ingenieril, aporta al estudio del suelo las características, origen y formación del mismo para solucionar problemas estructurales en el ámbito urbano a través de la sectorización de procesos litológicos, los cuales tienen una dinámica diferencial que a su vez condicionan la toma de decisiones en cuanto al peso de la edificación y las variaciones de humedad en las estructuras hidráulicas (Duque Escobar & Escobar Potes, 2016). En el marco geográfico, la identificación de suelo y categorización del mismo se especializa más en ámbitos agrícolas para la implementación de nutrientes en el suelo por medio de análisis químicos, sin embargo, para este proyecto se interrelaciona el material rocoso de Ciudad Santa Fe con las posibles alteraciones resultantes de la dinámica litológica que generan zonas susceptibles dentro de la zona de estudio.

Cuando se definen las clases del suelo es necesario considerar la propiedad más relevante del mismo, ya que ello da paso a la posterior clasificación de un suelo en función de características como: espesor, expresión y profundidad del mismo. Además, influyen factores externos como la morfología, el clima, el material parental, el uso de suelo, entre otros, lo cual da características especiales al suelo en función de las transformaciones que sufre a lo largo de su proceso de conformación.

Dentro del estudio del suelo en zonas urbanas, se establece la relación del estrato rocoso con los cauces subterráneos o antiguos ríos, esto en primera instancia por la posible manifestación de inundaciones, o bien, (en el caso particular de Ciudad Santa Fe) por la

plasticidad, lo cual resulta en un suelo más maleable y poco resistente a cargas estructurales y factores secundarios, como sismos o vulcanismo. La magnitud de los esfuerzos entre masas rocosas está sujeta a la variabilidad de fuerzas y a la dirección de las mismas, estos factores son de vital importancia para el análisis del comportamiento subterráneo, desde el alcantarillado hasta el material parental.

En ingeniería, la mecánica de suelos se divide en tres etapas de trabajo:

- ❖ Identificación y caracterización de los materiales por medio de obtención de muestras inalteradas (material original con formación geológica casi intacta), y alteradas (muestras que sufrieron cambios en su estructura).
- ❖ Definición del alcance de objetivos dentro de la planeación y aplicación de trabajos de gabinete y campo para lograr registros exitosos del material recolectado.
- ❖ Consideración de los posibles eventos que ocasionan la deformación del suelo, cambios en las presiones y perturbaciones dinámicas.

3.1.1.1 Generalidades

Inicialmente se define el marco de estudio de la mecánica de suelos, este se basa principalmente en sedimentos no consolidados producto de la alteración de rocas por procesos *in situ* o de transporte por agentes como: el agua, el hielo o el viento. De igual forma se considera a la gravedad como factor formador del suelo y como fuerza direccional selectiva. El estudio de suelo se especializa (dentro del marco urbano) como material estructural, ya que los estratos del suelo son sometidos a estudios de durabilidad y resistencia que posteriormente son utilizados para la construcción de estructuras urbanas. A continuación, se presenta la clasificación específica del arreglo litológico del suelo.

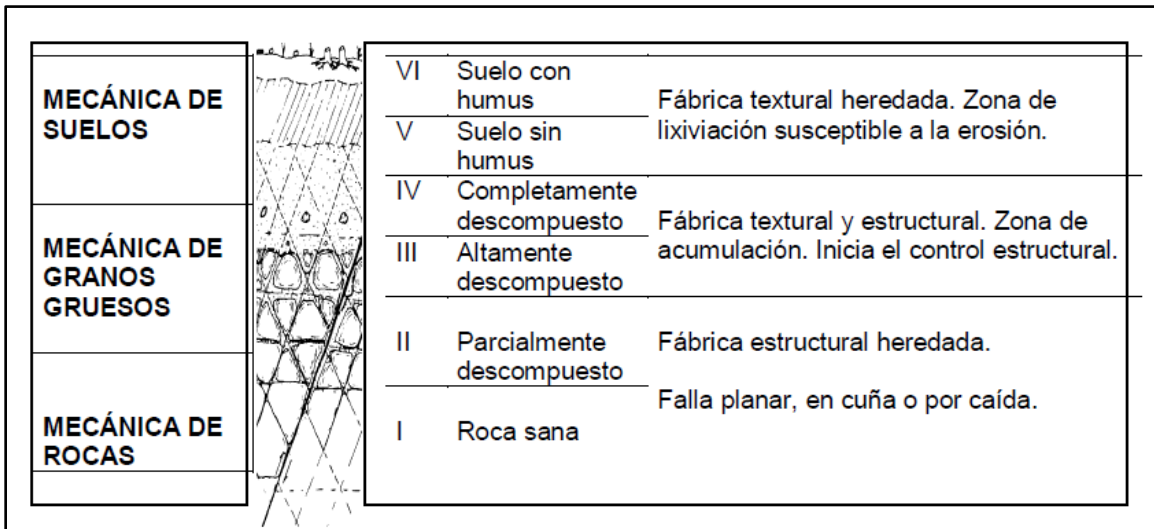


Ilustración 4. Perfil de suelo residual. Generalmente presenta la clasificación en 6 horizontes, que van del I al VI consecutivamente. Planteado por Duque, 2016.

La **Ilustración 4** muestra la transformación del suelo en sus diferentes etapas de maduración, en Geografía estas fases se conocen como horizontes del suelo, de igual forma se observa que la zona más expuesta es conocida por tener mecánica de suelos evidente, este proceso puede ser variable y responde tanto a la composición estructural como a la cimentación del material rocoso. Las etapas de formación tienen un origen generalmente mecánico, donde la roca se deforma o fracciona por esfuerzos tectónicos, erosión o meteorización, llegando a la roca madre. Después con la influencia de factores formadores (intrínsecos y extrínsecos), se crean derrubios o suelo, los cuales se diferencian por el contenido de materia orgánica y seres biológicos.

3.1.1.2 Factores formadores y evolución del suelo

Los factores formadores son cinco, éstos intervienen en la formación y modelado de la roca (Jordán López, 2006):

1. **Material parental.** – La formación está condicionada por la permeabilidad de la roca, ya que la influencia de agente líquidos o gaseosos contenidos en la misma reaccionan de forma diferenciada y fragmentan la roca en periodos de tiempo cortos o prolongados, sea cual sea el caso.

2. **Tiempo.** – Los procesos químicos que actúan en la roca requieren tiempo, este se relaciona con el intemperismo de los agentes y la alteración heterogénea, lo cual arroja procesos geológicos distintos en los perfiles estratigráficos.
3. **Relieve.** – La pendiente, la orientación de ladera, y otros factores característicos del relieve producto de actividades sísmicas y volcánicas forman procesos denudativos que modelan el paisaje. Procesos como la erosión y acumulación determinan el espesor, así como la granulometría del material.
4. **Factores biológicos.** – Dentro de la modelación biológica interviene el agente agua que produce condiciones favorables para el desarrollo de vegetación, la cual a largo plazo fragmenta la roca por la cantidad de raíces y favorece la acción de ácidos orgánicos que reaccionan de forma constante sobre la roca.
5. **Clima.** – Los factores climáticos determinan la intensidad de acción y velocidad de procesos de meteorización formadores de los suelos. Las condiciones climáticas de temperaturas altas producen termoclastia sobre la roca, o bien, la presencia de vegetación en zonas tropicales produce bioclastía. Dichos procesos ejercen presión sobre el mineral y lo fragmentan paulatinamente.

Los factores formadores condicionan el comportamiento del suelo, ya que tanto los agentes de desplazamiento como el depósito aunados a la erosión y meteorización de la roca producen un arreglo estratigráfico y una consolidación del material distintos, como se muestra en la **Ilustración 5** que muestra el tipo de acumulación en función de la pendiente y el transporte de detritos que generalmente se asocian al tamaño de detrito y a las condiciones externas donde se depositan.

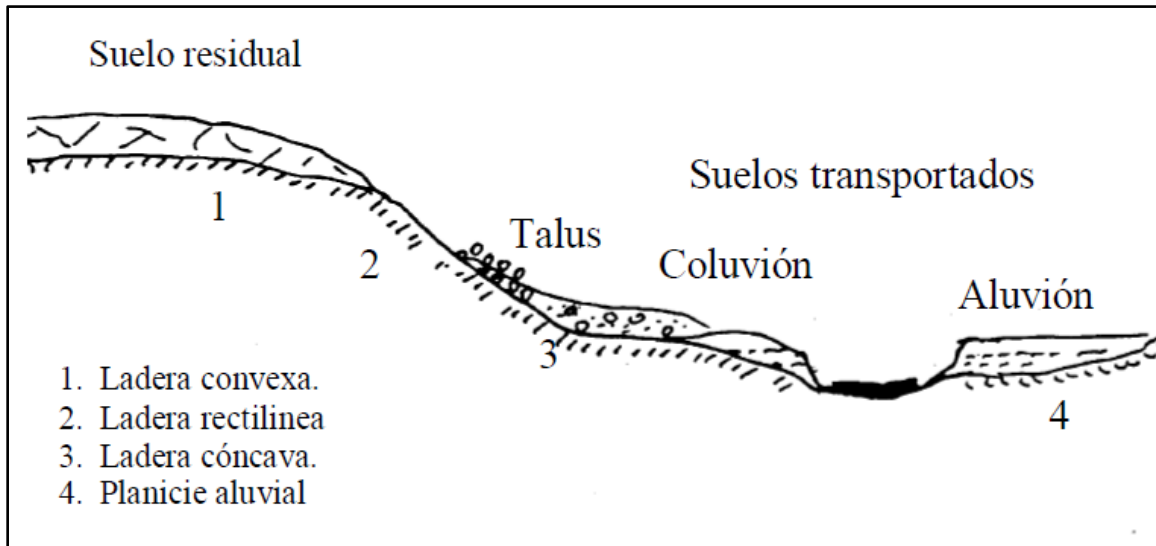


Ilustración 5. Distintas formaciones de suelo. Planteado por Duque, 2016.

3.1.1.3 Perfiles de suelo y estratigrafía

Para llevar a cabo la identificación y comportamiento estratigráfico de Ciudad Santa Fe. se elaboraron perfiles del suelo con base en los estudios anteriores en la zona correspondientes al año 1995 elaborados por el Dr. Lugo Hubp, proyecto en el cual participó con otros especialistas para evidenciar la actividad geomorfológica, esto proyecto sirve de punto de partida para la elaboración de perfiles, pues parte del trabajo del Dr. Lugo, considera el análisis de suelo de Santa Fe.

Se ejemplificaron los estratos que se representan en función de una correlación espacial de los datos del estudio con la realidad. Asimismo, se realiza la comparación de las profundidades del suelo con la densidad del sustrato que compone el relleno sanitario. Es importante resaltar que para la elaboración de estos perfiles la representación gráfica se aumentó un 200% de la densidad real del estrato, también se realiza una segmentación vertical del perfil a consecuencia de las variaciones en la información utilizada como punto de partida y la presencia de fallas en la zona como la Falla Santa Fe.

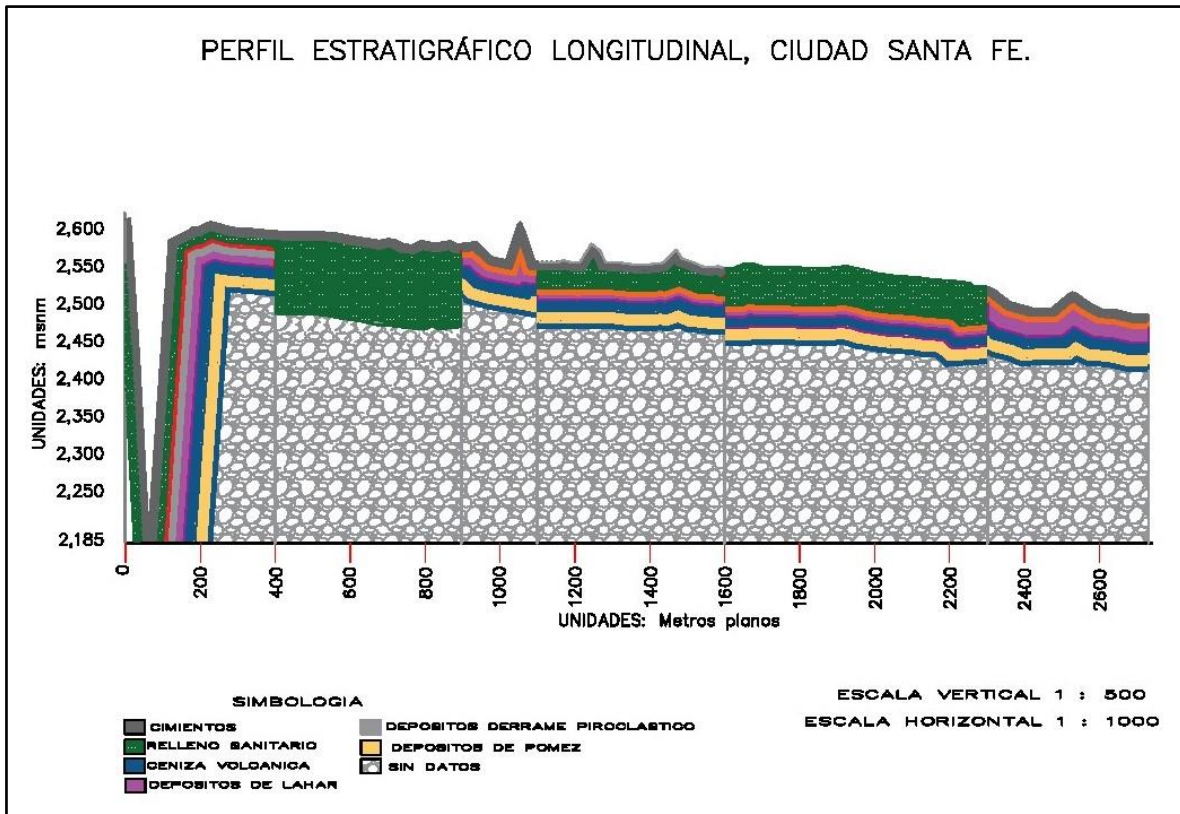


Ilustración 6. Perfil estratigráfico longitudinal de Ciudad Santa Fe. Escala 1:1000. Elaboración propia.

A continuación, se describen los estratos que componen el perfil (**Ilustración 6**), de análisis longitudinal.

- ❖ **Cimientos de edificios.** La zona de Santa Fe tiene una serie de edificaciones mayores a 50 metros, estos necesitan de una estructura hidráulica subterránea que en este caso tiene una profundidad de entre 10 y 30 metros aproximadamente.
- ❖ **Relleno sanitario.** Este estrato se distribuye de forma diferenciada por toda la zona pues en el área correspondiente a Alameda Poniente en el perfil se presenta una densidad de 10 metros aproximadamente, sin embargo, se debe considerar que este relleno actualmente se encuentra expuesto de 2 a 3 metros en la superficie, esto solo ocurre en algunas zonas de esta área. La profundidad de este estrato es muy importante, ya que es un suelo completamente riesgoso por los procesos de licuación y mecánica del suelo, lo cual impide una estructura estable y la construcción de edificaciones. En relleno Prados de la Montaña, la densidad del relleno es de aproximadamente 100 metros, la variación de profundidad se debe a que los

reglamentos de relleno sanitario urbano no establecen un informe real sobre las dimensiones del relleno. Es posible construir sobre la zona de relleno de poca densidad, sin embargo, los edificios no pueden ser tan altos como los que se encuentran en la zona de estudio.

- ❖ **Depósitos de derrame piroclástico.** De este estrato se encontraron tres tipos:
 1. **Clastos mal clasificados.** Son depósitos angulosos con un tamaño aproximado de 2 a 5 cm, son principalmente de color grisáceo, sin embargo, se pueden encontrar depósitos de color rojizo, rosado o azulado.
 2. **Clastos bien clasificados.** Regularmente se encuentran sobre depósitos de pómez, en este caso cubren 60 centímetros aproximadamente. Su estructura es angulosa y tienen dos centímetros de espesor, su color es grisáceo.
 3. **Sedimentos volcánicos de color gris azulado.** Son estructuras de 2 centímetros regularmente con una estructura bien definida. Estos sedimentos componen un estrato de suelo en la zona de Ciudad Santa Fe llamados arenas azules, que se distribuyen por las zonas más bajas del polígono.
- ❖ **Depósitos de pómez.** Se observa principalmente en el subsuelo, compone gran parte del complejo Santa Fe y se asocian principalmente a depósitos de derrame piroclástico, este tipo de estructura limosas se encuentran en las zonas de barrancas de pie de monte superior
- ❖ **Ceniza volcánica.** La ceniza de la zona se caracteriza por tener un color amarillento o pardo, en la zona de estudio el color que predomina es rosado. La mayoría de los depósitos están cubiertos por depósitos de pómez. La densidad mínima es de 50 cm y la máxima es de aproximadamente 50 m observables en la zona.
- ❖ **Depósitos de lahar.** Estos depósitos son de una densidad aproximada de 35 m de espesor con abundantes bloques de andesita con 1.50 m de diámetro. Son angulosos, en este caso la clasificación es poco consistente, por lo cual no se puede determinar la extensión y cobertura de este estrato en toda la zona.

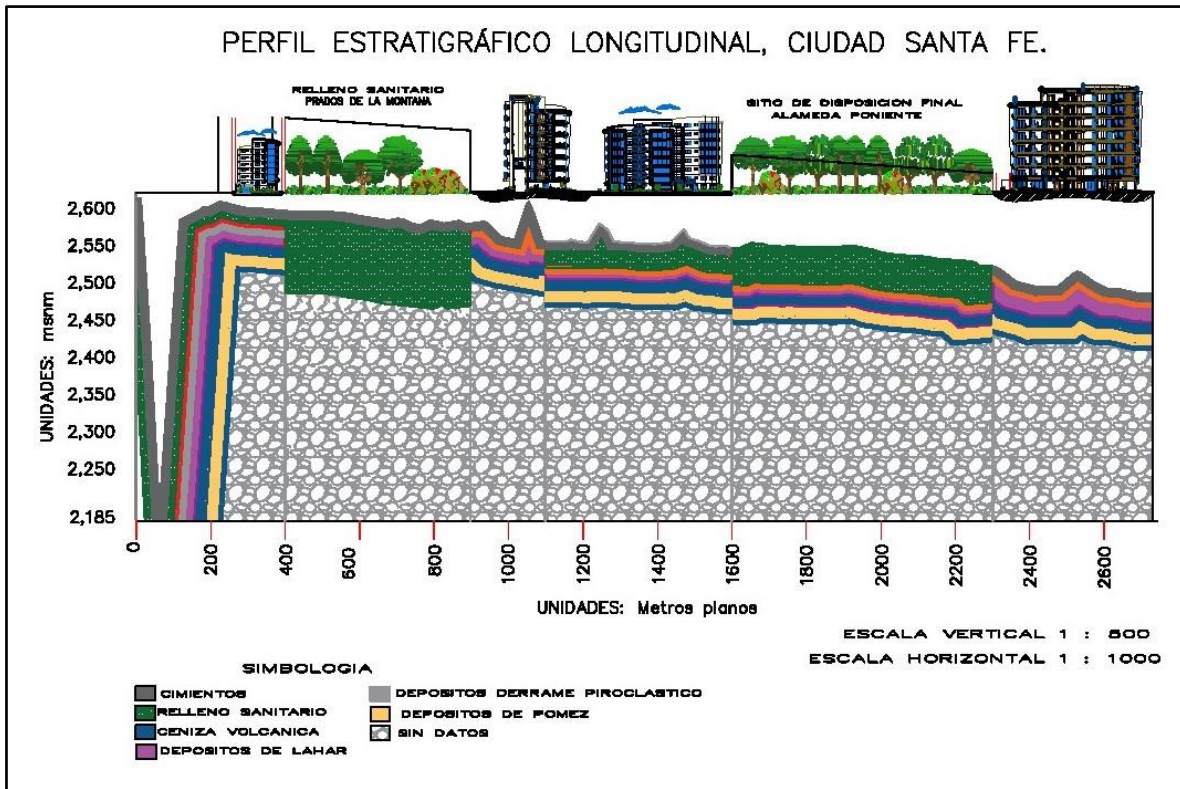


Ilustración 7. Perfil estratigráfico longitudinal de Ciudad Santa Fe con referencia a los edificios presentes y a las zonas de relleno sanitario. Escala 1:1000. Elaboración propia.

En la **Ilustración 7** se presenta el perfil estratigráfico con la correlación aproximada de los rellenos sanitarios encontrados, es importante mencionar que este tipo de estructuras facilitan la susceptibilidad del suelo a fallamientos derivados de la poca cimentación del suelo y a la inestabilidad de ladera. De igual forma, se destaca la presencia de hundimientos de las edificaciones cercanas a los rellenos sanitarios y antiguas zonas mineras. Además, debido al alto costo de colocar cimientos profundos en la zona, las inmobiliarias prefieren emplear el uso de cimentación no apta para suelos altamente sísmicos y poco consolidados, por lo cual un evento relacionado con la caída o hundimiento parcial de las edificaciones puede presentarse de manera espontánea.

3.1.1.4 Mecánica de suelos

En la primera mitad del siglo XX se registró un impulso importante de la minería en las zonas de lomeríos (SMMS, 1976), esta actividad produjo una inestabilidad del suelo aparente por las formas caprichosas de salones, galerías y túneles mineros. Como actividad alternativa se

optó por rellenar las oquedades presentes con material no compactado o material de disposición final (basura), estas actividades producen un riesgo latente, no solo de hundimiento total o parcial, sino que además pueden ocurrir deslaves o socavones por la manifestación de lluvias torrenciales, así como inundaciones producidas por la ausencia de drenaje en Ciudad Santa Fe aunadas a la mecánica de suelos.

Considero que, dentro del campo de estudio de la geografía, la mecánica de suelos no tiene una aplicación aparente en casos de estudios relacionados con el análisis de riegos, sin embargo, en este proyecto de tesis se implementa como ciencia auxiliar con el propósito de evidenciar la alta mecanización del suelo correspondiente a zonas de lomerío, aunado a la presencia de rellenos sueltos y sanitarios, galerías de minas, así como laderas y cortes artificiales inestables.

La manifestación de hundimientos y la irregularidad estratigráfica corresponden a la heterogeneidad del suelo que generalmente se asocia a una topografía accidentada y poco consolidada. Dentro de los factores a considerar se encuentra el peso estimado de las edificaciones presentes dentro de la zona de estudio, ya que como se menciona anteriormente, el tipo de estrato y su asociación con el relleno no permiten la edificación segura y producen daños a la vivienda por la manifestación de factores externos como sismos, los cuales han tenido lugar en zonas de lomeríos dentro de la Alcaldía Álvaro Obregón. No obstante, el mercado inmobiliario sigue presente con fuerza dentro de la zona de complejos en Santa Fe.

3.1.2 Estimación de amenazas por inestabilidad de ladera

Este tipo de proceso se cataloga como uno de los fenómenos naturales más importantes y destructivos dentro de una comunidad, ya que no solo afecta a grupos de personas, sino también a sus bienes, tanto actividades económicas como infraestructura. Año con año este fenómeno genera pérdidas económicas millonarias, por su ocurrencia en espacios con algún tipo de mecánica relacionada con la inestabilidad y poca consolidación del suelo, no obstante, estos factores pasan a segundo término si se consideran factores secundarios como la frecuencia y magnitud de sismos (relativamente cercanos a la zona de estudio), lluvias torrenciales, escarpes pronunciados, entre otros factores ([CENAPRED, 2008](#)). En este caso,

el proceso relacionado a la inestabilidad de ladera en Ciudad Santa Fe se relaciona principalmente al movimiento de materiales dentro del estrato rocoso, a largo plazo esta fragmentación relativa del material desgasta de forma progresiva el suelo y provoca el deslizamiento del mismo, esto último está condicionado en función de los grados de inclinación de la pendiente que a su vez también determinan la velocidad y la duración del flujo.

Este tipo de proceso genera la aparición de dos fuerzas: resistentes y motoras, las resistentes mantienen la estructura y compactación del suelo para evitar el deslizamiento del mismo. Por su parte, las fuerzas motoras se originan por el peso propio del material térreo y el peso adicional de edificaciones o equipamiento urbano. Las fuerzas motoras abarcan un amplio panorama de factores modeladores de la topografía, no obstante, las actividades humanas siempre han sido un alterante del suelo, esto se comprueba con el crecimiento vertical de la Ciudad de México y la reconfiguración de la ladera para la construcción de nuevos edificios con fines habitacionales. De igual manera, se toma como antecedente la antigua actividad minera que por medio de excavaciones artificiales se modifica la geometría del suelo.

La velocidad de movimiento de laderas es muy variable ya que puede estar sujeta al tipo de material, la inclinación del terreno y la cantidad de agua. Es muy importante conocer la velocidad del movimiento para determinar el posible impacto a un asentamiento irregular y el potencial destructivo. En la **Fotografía 3** se observa la ubicación de los asentamientos sobre el talud y las condiciones de la ladera. Se observa una nula presencia de anclas de ladera, las cuales funcionan como estabilizador del material en diversas formas de ingeniería, lo cual puede ocasionar el deslave de las casas ubicadas en la parte superior, o bien, la presencia de fallas o fracturas, esto en función de la presencia de corrientes de agua subterráneas.



Fotografía 3. Manejo de laderas inestables en la Av. Vasco de Quiroga en la Ciudad Santa Fe.

Es importante saber si la infraestructura de anclaje diseñada para la protección de laderas es adecuada y funcional para el tipo de asentamiento, además del peso de las edificaciones. Generalmente este tipo de asentamientos está ubicado de forma irregular, lo que provoca un deficiente servicio de drenaje y agua, esto resulta más preocupante ya que puede que el agua de descargas se infiltre en el suelo y por consiguiente produzca su acuosidad y facilite el deslizamiento.

Para la mejor apreciación, se realiza un mapa de minas históricas y zonas de mayor pendiente para identificar la relación de la susceptibilidad del suelo con la poca estructura del mismo debido a la presencia de minas en el presente. Primeramente, la subsidencia es una consecuencia manifestada por movimientos de terreno a partir de la extracción de minerales, agua o hidrocarburos. Este tipo de actividades mineras produce vacíos en el subsuelo, los cuales la mayoría de las veces se rellenan por procesos gravitacionales que a largo plazo generan hundimientos y poca consolidación del estrato rocoso (Rambaud Pérez,

2002). El estudio de subsidencia data de finales del siglo XX, donde a través del estudio controlado del comportamiento del suelo después de la alteración de la estructura del suelo y la manifestación de movimientos leves, se determinaron los orígenes del riesgo y se comenzaron tareas de mitigación. Sin embargo, la inestabilidad del suelo se presentaba de forma paulatina debido a la cercanía con zonas mineras con asentamientos urbanos, esta estrecha relación provocó afectaciones como hundimientos y derrumbes.

3.1.2.1 Factores condicionantes del terreno

Los factores que rigen la dinámica del terreno se clasifican en tres tipos:

- ❖ **Factores geológicos.** – estos se relacionan con características morfo estructurales propias del suelo bajo estudio (como morfología, profundidad, plegamientos, fallamientos, entre otros), de igual forma la roca y el suelo en sus diferentes etapas de modelación intensifican la posible dinámica de mantos acuíferos y sus filtraciones.
- ❖ **Factores mineros.** – este tipo de factores establecen interrelaciones intrínsecas y extrínsecas con el medio que rodea la zona bajo estudio, las primeras hacen referencia a los procesos de meteorización de la roca y los agentes físico–mecánicos que actúan sobre la roca. Por su parte, las relaciones extrínsecas consideran factores físicos y medio ambientales que actúan sobre la estructura minera, es decir, la influencia de lluvias que producen deslaves o desestabilidad de la roca. De igual forma, los factores mineros se clasifican en función de la cantidad de minerales extraídos, los cuales producen comportamientos diferenciados y afectaciones medio ambientales distintas, en el caso de Ciudad Santa Fe se habla de una extracción total con hundimiento, la cual consiste en cortes de ladera largos que actúan sobre bloques frágiles y aumentando la dinámica estratigráfica.
- ❖ **Factores estructurales.** – estas variables se relacionan con los efectos inducidos en superficies que pueden dañarse con mayor facilidad, ya sea por la fragilidad de los materiales empleados, la edad de construcción o el mantenimiento de la mina.

Cuando se abre una cavidad en el subsuelo se rompe la estructura original, este proceso genera tensión en las cavidades más superficiales, deformaciones y desplazamientos del

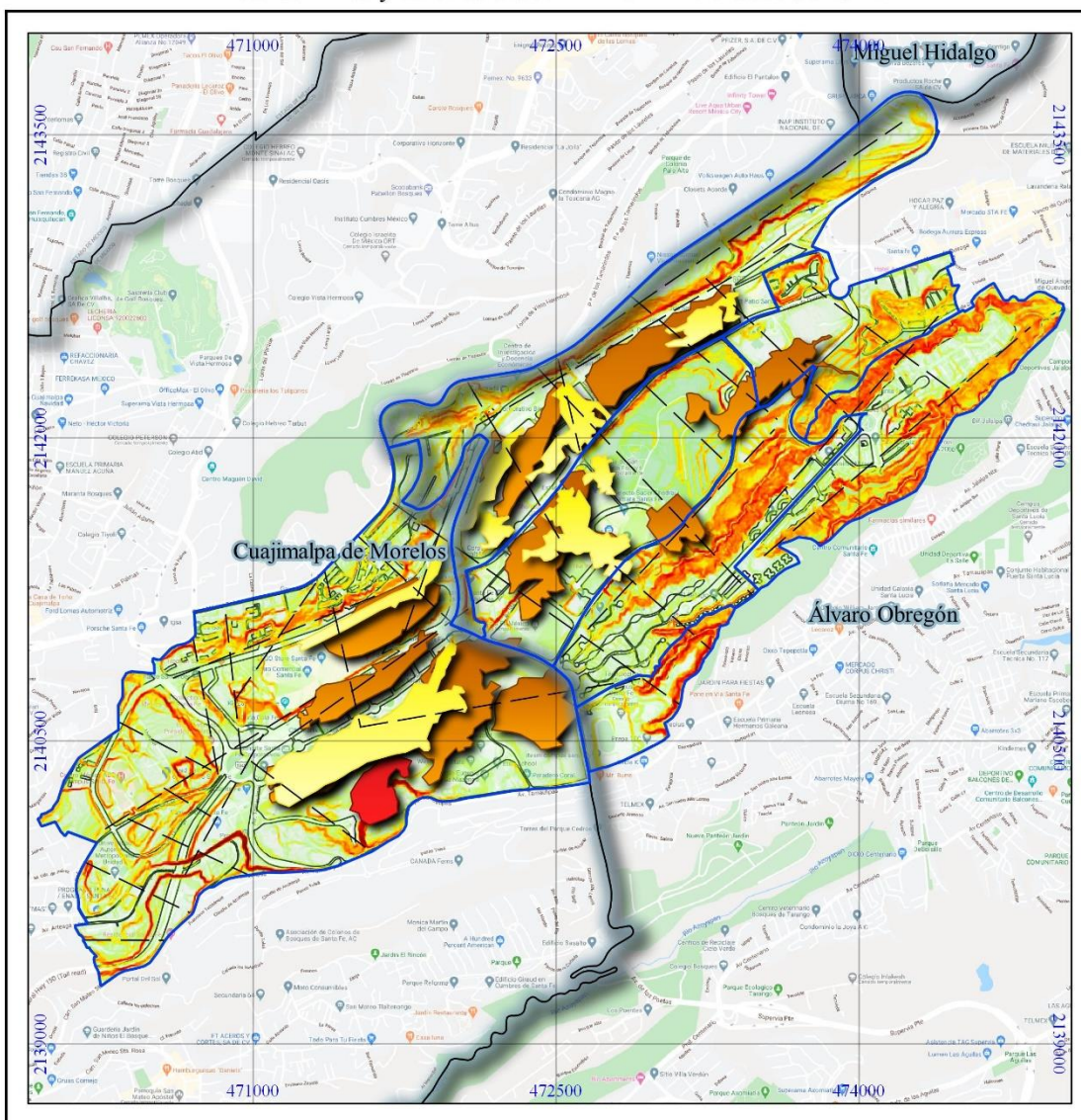
material. Este último responde a la profundidad de la mina, las características y la roca. Además, este tipo de tensiones pueden crear otros fenómenos relacionados con la subsidencia (como grietas, fracturas en la superficie, talud de la mina, hoyos, fosas y hundimientos), esto ligado a la exploración de la mina y el material extraído.

En el caso de Ciudad Santa Fe, el material extraído era arena en su totalidad, este material se origina de la fragmentación de rocas calizas presentes en la zona y el dinamismo minero. Con base en la investigación de [Maya Sixtos \(2015\)](#) sobre cambio de uso de suelo en Ciudad Santa Fe, se obtuvo la ubicación de las minas a cielo abierto históricas que se encontraban en la zona de estudio.

Inicialmente se observa en el **Mapa 5** la estrecha relación entre las antiguas minas, fallamientos y zonas susceptibles, así como éstas a su vez se relacionan con las edificaciones más importantes en el polígono de estudio, esto quiere decir que los corporativos económicos más importantes de México son elementos bajo riesgo de hundimientos y alteraciones del suelo derivados de la antigua actividad minera. También se observa una variación en los sitios de extracción a lo largo de los años, ya que en este periodo de evaluación de aproximadamente 10 años la dinámica económica y la demanda del material eran tan grandes que provocaban la exploración de nuevos sitios de extracción y por consecuente se generan tanto más fracturas como susceptibilidad del suelo debido al desarrollo incalculable de esta actividad.

Desde un punto de vista geográfico, la cartografía forma parte importante de la investigación, pues claro está que es una herramienta esencial del geógrafo. La cartografía de la zona demuestra un relieve accidentado por ser el pie de monte de la Sierra de las Cruces que se compone por diferentes estratos de pómez. La Delegación Álvaro Obregón (ahora Alcaldía) se caracteriza por un relieve antrópico debido a la urbanización constante ([Lugo Hubp, Zamorano Orozco, & Cordero Estrada, 1995](#)), esto facilita su cartografiado a una escala considerable. Sin embargo, mantiene complicaciones por deslaves o inundaciones en laderas aledañas a la zona de estudio, lo cual reconfigura la litología constantemente. Algunos autores consideran que la litología de la zona comprende desde el Cretácico hasta el Cuaternario, a pesar de la presencia de roca volcánica y pómez del Oligoceno ([Mooser, 1956](#)).

Áreas de minas y canteras desde 1970 a 1999. Ciudad Santa Fe.



Simbología

— Fallas	Pendiente (°)
□ UVA's	■ 18 - 36° de inclinación
Minas	■ 36 - 55° de inclinación
■ Minas_Cantera 1970	■ 56 - 74° de inclinación
■ Mina_Cantera 1980	■ + de 75° de inclinación
■ Mina_Cantera 1999	

Este mapa fue elaborado con información obtenida del proyecto de tesis "Cambios de uso de suelo en Ciudad Santa Fe, D. F. y su relación con el proceso de expansión urbana y los tiraderos a cielo abierto (1970 - 2007)" (Maya Sixtos, 2015).

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Mapa 5. Áreas históricas de minas y canteras desde 1970 a 1999. Ciudad Santa Fe.

3.1.2.2 Consecuencias producidas por el deslizamiento de ladera

A lo largo de la historia, el ser humano se ha considerado como el mayor modelador del terreno por las actividades que realiza para adaptar los espacios que lo rodean y hacerlos más aptos, así como confortables para su uso y desarrollo. Sin embargo, gracias al aumento de la tecnología y la industria, las grandes ciudades están rebasadas y los servicios cada vez son más limitados, esto ha producido un claro desarrollo en la periferia de las grandes ciudades, donde actividades como la construcción irregular y la alteración natural del terreno aumentan la exposición del individuo a un riesgo, en este caso el deslizamiento de ladera por el incremento del ángulo de inclinación original de las laderas.

Además, con la implementación de nuevas técnicas de construcción relacionadas con el crecimiento vertical de las ciudades, se pueden generar agrietamientos en los pisos, lo cual a largo plazo puede ocasionar la ruptura de tubos o estructuras de aguas subterráneas que producen un desgaste interno del material rocoso y deslaves ocasionados por la acumulación del líquido, así como el abultamiento del terreno.

Algunas de las posibles consecuencias de la inestabilidad de laderas son:

- ❖ Reducción del valor de la propiedad por zonas de riesgo
- ❖ Alteración y detenimiento de las actividades económicas
- ❖ Pérdida de la infraestructura o interrupción del sistema de transporte
- ❖ Pérdida de la productividad humana
- ❖ Altos costos de prevención y mitigación antes, durante y después del suceso

3.1.3 Amenaza de rellenos sanitarios en zonas urbanas por acumulación de biogás

En el caso de Ciudad Santa Fe, el relleno sanitario es considerado como riesgo debido a que ha excedido ciertos límites considerados como tolerables (López Sánchez & Sámano Lechuga, 1996), de igual forma es un fenómeno que evoluciona lentamente y deteriora de forma progresiva la zona. En México, generalmente estos tipos de riesgos están asociados a los procesos de industrialización (como la minería o la petroquímica que tuvieron ocupación en la zona). Los contaminantes producidos por riesgos químicos son muy difíciles de cuantificar, en consecuencia, realizar planes de mitigación es una tarea difícil. En algunos casos las explosiones y la contaminación de mantos freáticos suelen ocurrir por las malas

prácticas de disposición final, debido a que los residuos son depositados abiertamente en el suelo sin medidas de protección, por lo tanto, la producción de gases nocivos como el biogás pueden presentarse.

El biogás de acuerdo con la [FAO \(2011\)](#), es una energía renovable generada a partir de los desechos orgánicos e inorgánicos en un lugar determinado, los cuales sufren una fermentación que produce la generación de gas metano en la zona, este proceso necesita de un sitio completamente impermeable para que se genere una condensación. Las poblaciones microbianas juegan un papel importante en la creación de este gas. Factores importantes como la insolación solar, el clima, la influencia de agua y la roca que rodea la cámara de condensación son determinantes para el tiempo de generación. El biogás generado a partir de rellenos sanitarios tiene un contenido de metano del 55% y un 35% de bióxido de carbono, el 10% restante corresponde a vapor de agua, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, ácido sulfhídrico y otros gases en cantidades mínimas ([Arvizu F. & Saldaña M., 2005](#)).

Actualmente, la generación del mencionado gas es un proceso realizado en zonas rurales pues el proceso de fermentación y extracción es mejor controlado, sin embargo, la presencia del mismo es más recurrente en zonas urbanas debido a la acumulación de residuos y basura causado por variables como las concentraciones poblacionales en las grandes urbes, así como el desconocimiento ambiental para la preservación del medio, por lo cual el uso de rellenos sanitarios es óptimo. Estos rellenos consisten en el manejo de la basura mediante la disposición final controlada de los residuos ([Jiménez, Pérez, & Gascón, 2015a](#)). Los autores claramente especifican que se debe clausurar dicha zona de relleno, esto para continuar con el proceso de concentración de los desechos en una zona urbana, pues plantea que las grandes urbes que generan más de 4 toneladas de basura en un día promueven una mayor acumulación y disponen a crear nuevos rellenos para evitar un riesgo de explosión.

3.1.3.1 Tipos de generación de biogás

El proceso de generación de biogás es necesario para analizar la cantidad de gas metano en su estructura, por lo tanto, es importante evidenciar los dos tipos de generación del mismo.

- ❖ **Digestión aeróbica:** es generada a partir de los contenidos de bacterias y protozoarios que desintegran la materia orgánica convirtiéndola en materia inorgánica y gas. Este proceso solo convierte los lodos o fangos orgánicos en sustancias más simples por medio de procesos de aeración que oxidan de forma parcial.
- ❖ **Digestión anaeróbica:** es un proceso muy completo y degradativo, donde la materia orgánica fangosa y los restos animales pierden sus propiedades por medio de la degradación microbiana convirtiéndola en biogás, este último se compone de dióxido de carbono y metano. Al usar este tipo de digestión es posible crear subproductos a través de residuos orgánicos, heces fecales y desechos de empresas. Por consecuente, se obtiene una fermentación producida por microorganismos que crean una serie de gases con un 80% de contenidos de metano.

La generación de biogás dentro de una ciudad conlleva varios riesgos, entre los que destaca la ocurrencia de una posible explosión, de modo que la construcción del relleno sanitario en Ciudad Santa Fe requería por normativa de rellenos sanitarios construir respiraderos o quemadores del gas condensado para evitar su acumulación. Sin embargo, esto no fue de mucho agrado para los miles de personas que circulan día a día por la zona, por consecuente el gobierno optó por cerrar todas las salidas de gas incluyendo algunas coladeras de drenaje.

Otro problema importante es la contaminación atmosférica, pues el dióxido de carbono que emerge por los respiradores puede provocar serios daños al microclima de la zona, asimismo existe una contaminación biológica donde personas pueden sufrir de enfermedades crónicas al estar expuestos al gas en pequeñas cantidades disuelto en el aire que respiran.

La función de un relleno sanitario es concentrar los residuos y desechos de una zona urbana en un espacio determinado (Jiménez, Pérez, & Gascón, 2015b), sin dejar de lado las afectaciones ambientales y de la población circundante al relleno. Esta técnica fue desarrollada por ingenieros que tenían como objetivo ubicar los desechos en un espacio reducido, con un diseño previo y con características del suelo idóneas para el control de lixiviados por medio del cubrimiento de la capa de relleno con tierra de monte hasta compactar los desechos. En el caso de la zona de estudio, el control de lixiviados se llevó a

cabo a través de la creación de una capa litológica de arcillas para evitar la contaminación del manto acuífero.

3.1.3.2 Estudios previos de colocación de un relleno

Los rellenos sanitarios necesitan de estudios que incluyen análisis previos para la selección óptima del sitio, además de infraestructura necesaria para pozo del relleno, por lo cual no solo se considera el sitio *per se*, sino que también toman en cuenta los factores medio-ambientales y las posibles afectaciones producidas por los contaminantes, esto determina la viabilidad de la creación de un relleno (SEMARNAT, 2009). La NOM-083SEMARNAT-2003 de sitios de disposición final de residuos establece que antes de determinar una zona como relleno deben tomarse en cuenta distintos estudios, los cuales son explicados a continuación:

- ❖ **Geológico:** toma en cuenta una descripción regional de las características estratigráficas de las rocas, su distribución y su arreglo en el subsuelo, esto para evitar un excedente económico debido a procesos de excavación y compresión del suelo para evitar tanto la derrama de lixiviados como la contaminación del manto freático.
- ❖ **Hidrogeológico:** evidencia la presencia de agua subterránea mediante un análisis de flujos que determinen la escorrentía, dirección, formación, origen, etcétera. A su vez es importante identificar su relación con las rocas y humedales, así como los procesos erosivos presentes ejercidos sobre la roca.
- ❖ **Topográfico:** define la altimetría y planimetría del sitio para así identificar la morfología del terreno, además de detalles naturales y artificiales con el fin de identificar cotas de curva de nivel y aproximarse a puntos de referencia para delimitar planicies.
- ❖ **Geotécnico:** realizada durante la planeación del relleno, ya que esta variable determina la integridad del suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea. Este estudio se debe llevar a cabo mediante una exploración y muestreo, si se encuentra algún problema que conlleve a la contaminación de un recurso se debe suspender la construcción del relleno.

- ❖ **Generación y composición:** especifica el tipo de residuo que será dispuesto en el relleno ya que la infraestructura de manejo es distinta según el residuo, de igual forma se utiliza este punto para definir el aprovechamiento de lixiviados para la creación de biogás, o bien para realizar labores de reciclaje o tratamiento de desechos.
- ❖ **Ordenamiento territorial:** considera las posibles afectaciones que pueda provocar un relleno a la población circundante, por lo tanto, se lleva a cabo un análisis de núcleos de población cercanos, áreas naturales protegidas, instalaciones de interés (aeropuertos), infraestructura vial y uso de suelo.

Con el fin de preservar todos los factores bióticos y abióticos presentes en la región potencial para la colocación del relleno, se lleva a cabo el control de gases y lixiviados con el fin de mitigar amenazas tecnológicas, ya que el gas en las grandes urbes puede manifestarse de forma variable por lo que la generación suele ser realizada en grandes ductos herméticos considerando la extensión de la zona y que se debe minimizar el número de personas.

En las ciudades, la presencia de biogás es imperceptible puesto que se atribuye a la presencia de rellenos sanitarios, la mayoría de las veces esta producción no es regulada como se realiza en zonas rurales. Al no tener regulado el sistema de producción de biogás, una ciudad puede tener consecuencias fatales y producir riesgo en la misma, pues este gas tiene las mismas características y potencia que el gas LP (gas licuado). Otros factores como la cercanía de gasolineras, empresas hidroeléctricas y pozos de extracción de hidrocarburos pueden aumentar el impacto (Arvizu F. & Saldaña M., 2005).

En México se encuentran dos tipologías a la protección del suelo del relleno, las cuales están relacionadas con el diseño y la forma de explotación o aprovechamiento del gas (como método de trinchera, método área o método combinado). Generalmente este tipo de metodologías se asocian a la disposición final de los desechos ya que su compactación puede ser mecanizada, manual o bien con pretratamiento (esto ayuda principalmente a la erradicación de lixiviado), de igual forma el biogás no puede llegar a condensarse. En regiones como la Unión Europea la disposición final de los desechos es mayormente controlada, pues estos son clasificados y cada uno de los residuos recibidos en función de su tipo o peligrosidad, esto evidentemente protege el suelo y su medio, en consecuencia, la huella ocasionada por este tipo de procesos mecanizados es casi nula. En Japón, la

metodología de desechos es completamente distinta, pues ellos clasifican los residuos en: aislados, lixiviado-controlado y lixiviado-no controlado, esto con el fin de utilizar distintos procesos industriales para control de basura, evitando así los desechos en función de su grado de contaminante, o bien en el posible aprovechamiento sustentable que se le pueda dar al residuo.

3.1.3.3 Consideraciones en cuanto a análisis de riesgos geoquímicos

La acumulación de biogás ha tenido repercusiones no solo en la infraestructura y el suelo de la zona, sino también en la población y en el ambiente, este relleno ha funcionado desde los años 50's y fue clausurado en 1987 debido a los fallos que trajo consigo su construcción en una zona urbana. Para solucionar la problemática de acumulación en el subsuelo se llevó a cabo la construcción de pozos por la Secretaría de Obras y Servicios, 30 de ellos para el monitoreo de gas y 25 para el venteo del mismo. Durante los primeros años de su instalación fueron funcionales para regular la acumulación de biogás, pero a partir del 2004 los pozos se convirtieron en un problema mayor, ya que la basura arrastrada por la lluvia y diversos sedimentos sueltos en la circunferencia del pozo provocan su estancamiento, este proceso a la larga es muy dañino, pues aumenta el riesgo de explosión hasta un 100%, esto indica que el biogás ya busca salidas.

A partir de 2011 el aumento de explosiones de los pozos fue en aumento, principalmente en Alameda Poniente y el relleno Prados de la Montaña, de igual forma se presentaron estos eventos en propiedades privadas y unidades departamentales entre las avenidas Vasco de Quiroga, Fernando Espinoza Gutiérrez, Arquitecto Javier Barros Sierra y Av. Santa Fe, es importante considerar que estas son vialidades importantes en la zona.

Actualmente Santa Fe no cuenta con un drenaje pluvial y de aguas negras, solo el 50% de las construcciones de la zona no cuenta con este servicio y el 30% dan tratamiento de aguas negras domésticas con fosas sépticas, esto resulta gravemente preocupante, pues las descargas de los edificios (hasta de los más importantes) se destinan directamente al subsuelo, esto aunado con lo riesgoso de la presencia del biogás en la zona. El Centro para el Desarrollo Urbano de Santa Fe, está enterado de la situación de una posible explosión por riesgo químico en la zona ya que lo plantea en su último Diagnóstico Oficial de 2012, sin embargo, la

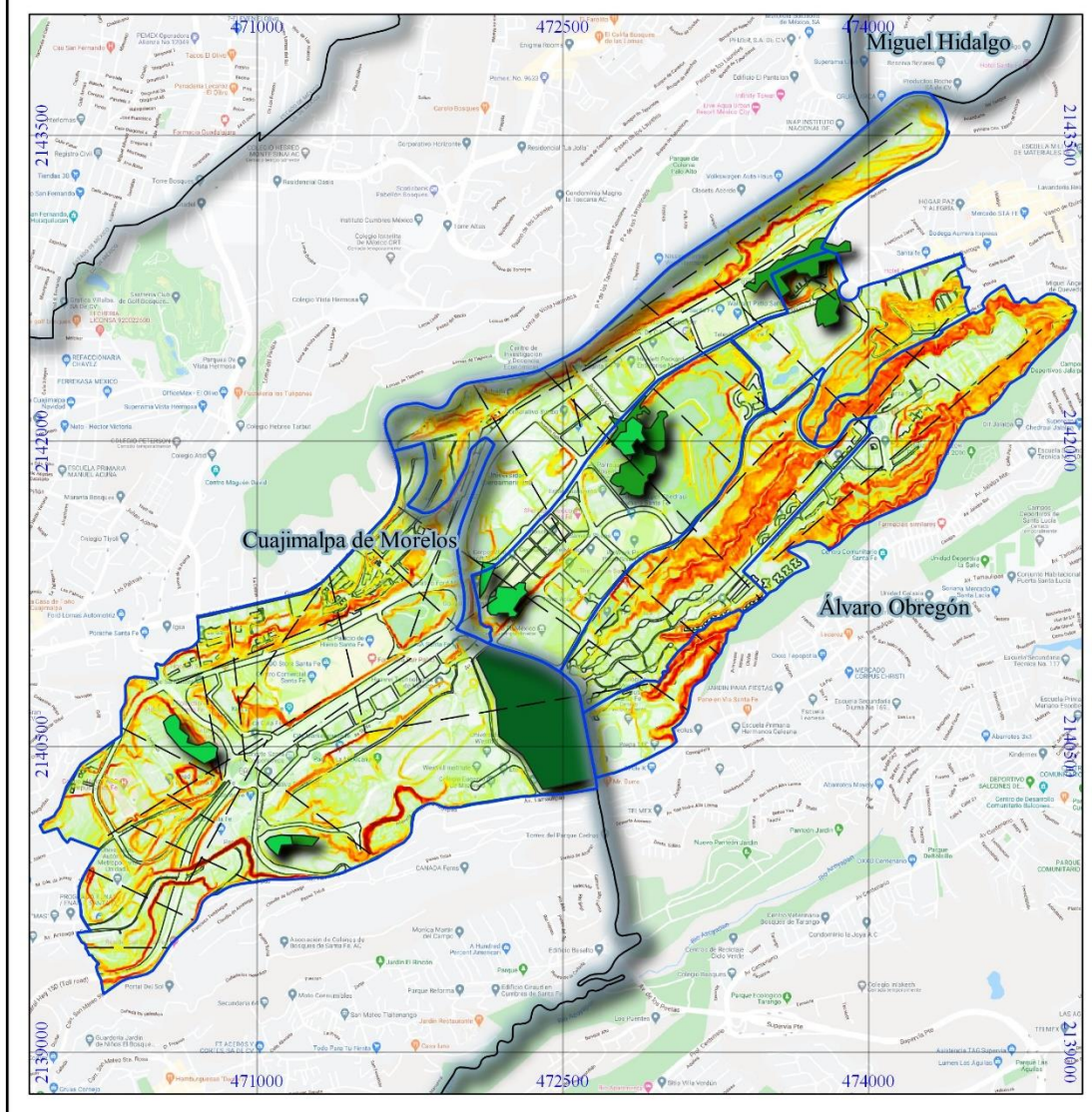
problemática sigue presente debido a la mala gestión de la infraestructura del relleno y el nulo mantenimiento a los sistemas de captación de biogás y lixiviados.

Históricamente, Santa Fe se conoce como una zona de sitios de disposición final, ya que por mucho tiempo fungió como tiradero de basura de las delegaciones colindantes. A través del tiempo y la demanda de la población, los sitios comenzaron a crecer y a tomar más territorio dentro de la zona de estudio. En el **Mapa 6** se observa la distribución irregular y arbitraria de los sitios de disposición final aparentes.

Inicialmente la ubicación de los sitios respondía a las áreas verdes disponibles y zonas mineras de la zona, ya que la función de los desechos era rellenar todas aquellas topofomas caprichosas resultantes de la actividad minera, sin embargo, debido al crecimiento exponencial del Distrito Federal (ahora Ciudad de México), la demanda de sitios de disposición final era mayor y el control de los mismos era cada vez más difícil, por lo cual en años siguientes se recurre al uso de zonas arbitrarias e irregulares, tal es el caso del relleno Prados de la Montaña y el sitio ubicado en Alameda Poniente.

Es claro que las normativas de regulación dentro de Alameda Poniente son nulas, esto se puede asociar a que la zona no es atractiva para el desarrollo de actividades turísticas y el fomento económico (como en el caso del relleno regulado), donde además se implementaron otro tipo de atractivos como: El Centro Comercial Santa Fe, el Parque la Mexicana y también el aumento de servicios inmobiliarios en la zona destinados a personas o familias de alto estatus social. Por lo tanto, se puede observar que los sitios de disposición final no solo responden exclusivamente a la normativa establecida, sino que además sus cuidados y mantenimiento tienen una relación estrecha con el estatus económico de las zonas donde se encuentren. De igual forma, es importante resaltar que dentro de la configuración actual de Ciudad Santa Fe los rellenos y sitios de disposición final se ubican en zonas altamente pobladas y concurridas, o bien, forman parte del estrato rocoso o cimientos de grandes edificaciones destinadas al uso habitacional ubicadas en la zona noreste del mapa, esto resulta ser altamente contradictorio con el régimen de sitios establecidos desde una perspectiva ambiental en primera instancia y de amenaza, ya que como se menciona anteriormente, la relación de un relleno con agentes externos ocasiona un aumento considerable en la latencia del gas en el subsuelo.

Sitios de disposición final desde 1970 a 1999. Ciudad Santa Fe.



Simbología

— Fallas

Zona de estudio

Relleno

- Relleno 1970
- Relleno 1980
- Relleno 1999

Este mapa fue elaborado con información obtenida del proyecto de tesis "Cambios de uso de suelo en Ciudad Santa Fe, D. F. y su relación con el proceso de expansión urbana y los tiraderos a cielo abierto (1970 - 2007)" (Maya Sixtos, 2015).

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Mapa 6. Sitios de disposición final desde 1970 a 1999. Ciudad Santa Fe.

3.1.3.4 Aplicación de fórmulas de rendimiento

Dentro de la aplicación de metodologías de riesgo se encuentran una serie de fórmulas aplicables para calcular el rendimiento y producción de biogás dentro de un relleno sanitario a partir de una serie de parámetros analizados seguidamente. Esta aproximación llamada **Metodología de Aproximación Simple** se obtiene a partir de un estudio previo aplicado para América Latina por el Ing. Colmenares (2007a) donde uno de los objetivos establecidos consta de evaluar los gases originados dentro de los rellenos sanitarios con el fin de evidenciar de forma general la producción y rendimiento del gas en una zona en particular. Además, esta metodología se caracteriza por su simplicidad, ya que sólo necesita de valor en peso de la basura depositada en el relleno. Sin embargo, desde una perspectiva geográfica esta variable es muy dispersa, por lo cual se anexan los valores del medio físico (clima, geología, etcétera), esto permitirá representar con más precisión el valor.

Este análisis solo requiere de la cantidad de basura depositada en la zona de interés y se nutre tanto del juicio como de la experiencia de expertos de la industria, que han establecido que la generación de biogás varía entre 0,05 y más de 0,20 pies cúbicos (pc) al año por cada libra (lb) de basura (Colmenares Mayanga & Santos Bonilla , 2007). Por lo cual la fórmula para calcular quedaría de la siguiente manera:

Fórmula 2. Cálculo de generación de biogás (método simple)

$$\text{Generación anual de biogás (pc)} = \frac{0.10\text{pc}}{\text{lb}} * \frac{2000\text{lb}}{\text{ton}} * \text{cantidad de basura depositada(ton)}$$

En este caso, la cantidad de basura acumulada a lo largo de los 8 años de registros obtenidos es de 5, 635, 019 toneladas por método de trinchera, entonces la fórmula queda de la siguiente manera:

$$\text{Generación anual de biogás (pc)} = \frac{0.10\text{pc}}{\text{lb}} * \frac{2000\text{lb}}{\text{ton}} * 5\ 635\ 019$$

En la **Fórmula 2** no se toman en cuenta los valores de medio físico para la aplicación de esta fórmula, pues la metodología se plantea desde una perspectiva química, pero se agregan posteriormente durante el proceso. Este análisis se considera cualitativo pues se pretende priorizar zonas de mayor riesgo y estimar la probabilidad de ocurrencia, así como los impactos ocasionados en la población con respecto a su percepción del mismo.

Esto da como resultado **1, 127, 003, 800 m³** (39, 799, 763, 590.851 ft³) por año, esto solo durante el periodo que operó dentro de la zona de Ciudad Santa Fe y más específicamente dentro de la delimitación Prados de la Montaña. Sin embargo, la producción es un dato inservible en la actualidad debido a la influencia de nuevos factores contaminantes que aunados a la producción diaria de biogás aumentan en gran medida las cifras, por lo cual se hace uso de una metodología específica para calcular la producción de biogás actual.

De acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003, los rellenos sanitarios se clasifican en función de la cantidad de residuos que se destinan al mismo diariamente (en caso de que este abierto), se deben de tomar en cuenta factores contaminantes y fauna nociva durante su construcción, este debido a que se ubicará en una zona urbana. También se deben de tomar medidas para la expulsión controlada del gas y los posibles episodios de incendio en la zona.

En este caso el relleno sanitario se encuentra en la zona desde los años 70's, es importante mencionar que un relleno sanitario tiene como vida útil solo 25 años. Con el relleno Prados de la Montaña el descuido del mismo fue muy temprano, aunque la infraestructura de salida está establecida ya no se ha dado mantenimiento a la instalación de tuberías y la capa interna para evitar el contacto con el manto freático, por lo cual la contaminación es un riesgo latente en la zona, no solo al ambiente, sino a la población por la exposición al gas.



Fotografía 4. Relleno sanitario Prados de la Montaña 1980. Cortesía de la Ing. Marcela Canedo

3.1.4 Amenaza total

La dinámica de la corteza terrestre y otros tipos de fenómenos geológicos y mecánicos (remoción en masa, deslaves, hundimientos y flujos de lodo) condicionan de manera particular los espacios presentes dentro de un asentamiento. Dentro de un marco político–económico la manifestación de un fenómeno de alta magnitud dentro de un asentamiento urbano es más evidente, debido a las pérdidas humanas e inmobiliarias que este pueda dejar a su paso. Por otro lado, la modificación constante del medio urbano para adecuar las topoformas y facilitar así la construcción de edificaciones ocasiona situaciones de peligro o riesgo potenciando, esto genera de manera paulatina un fenómeno dañino para la población.

En las Alcaldías correspondientes a la zona de estudio la presencia de desastres relacionados con la presencia de laderas y la modificación constante del suelo es muy evidente, por lo cual el desarrollo de actividades de mitigación es primordial para el manejo y atención de situaciones de desastre dentro de las delimitaciones ya mencionadas. Sin embargo, dentro del marco de los riesgos relacionados con el biogás o geoquímicos el

desarrollo de información detallada y representada cartográficamente es casi nulo. Bajo esta premisa la elaboración de mapas es de suma importancia para la posible actualización del Atlas de Riesgos.

3.1.4.1 Caracterización de la zona de estudio

La zona de estudio se localiza sobre la vertiente oriental de la estructura tectónica volcánica llamada Sierra de las Cruces, que constituye el límite occidental de la Cuenca de México. La sierra se extiende en dirección noroeste desde la sierra de Zempoala, al sur hasta la sierra de La Bufa (Rehilete) y en el norte en proximidad con Acambay.

Dentro estas demarcaciones es posible identificar (geomorfológicamente) dos tipos de barrancas asociadas a las condiciones de pendiente y el estrato disuelto presente: el primero se conoce como barranca estable, esta se caracteriza por presentar una forma de “U”, de igual forma al presentar un fondo ancho y una ladera de poca pendiente el proceso erosivo es equilibrado. Por otro lado, el segundo tipo de barranca se conoce como vigorosa y presenta forma de “V”, generalmente se caracterizan por la alta dinámica del relieve que se expresa en lo abrupto de las laderas, esto propicia la erosión paulatina y la presencia de estructuras de cárcavas, o bien, derrumbes rocosos o deslizamiento relacionados con la presencia del agua como factor mecánico.

Según información de [INEGI \(1999\)](#), las tofoformas dominantes dentro del área del Programa Parcial es el lomerío de cañadas, el cual se presenta inicialmente en el pie de monte de la Sierra de las Cruces. También dentro de la zona de estudio se encuentra un pequeño sistema de laderas escarpadas que delimita con Alameda Poniente, es importante mencionar que la presencia de estos sistemas escarpados en la actualidad no es tan evidente, esto sucede por la constante modificación del suelo urbano para el desarrollo económico de la zona.

Originalmente los suelos dominantes en Santa Fe eran el *phaeozem lúvico*, seguido por el *phaeozem háplico*, sin embargo, por la deforestación la extracción de materiales del subsuelo y las oquedades mineras rellenas de residuos sólidos al suelo original ha desaparecido completamente.

3.1.4.2 Mapa de amenazas

A continuación, se presentan los parámetros considerados dentro de este apartado para la obtención de un mapa de amenazas de la zona de estudio.

- ❖ **Mecánica de suelos.** – dentro del apartado de mecánica de suelos se evidencia el origen de la amenaza relacionado con la composición estratigráfica del suelo y la evidencia geológica representada de manera gráfica en perfiles de suelo. Además, se considera la influencia de factores externos y factores formadores que aumentan la susceptibilidad de suelo considerablemente.
- ❖ **Deslizamiento de ladera.** –durante el análisis de deslizamiento de ladera se observa una estrecha relación de la actividad minera antigua con las zonas de mayor potencial de deslizamiento. En este apartado se presenta un mapa de minería antigua para evidenciar cartográficamente la presencia de minas u oquedades presentes en la actualidad dentro de la zona de estudio.
- ❖ **Relleno sanitario.** – finalmente, dentro del apartado de amenazas relacionadas con biogás se presentan de forma conceptual y metodológica las zonas relacionadas con el relleno sanitario dentro de la zona de estudio. Es importante destacar los niveles de regulación de los antiguos sitios de disposición final, ya que al menos la mitad de los sitios evidenciados no cuentan con normativa y en algunos casos se encuentran como sitios expuestos en la superficie, lo cual aumenta gravemente la alteración de las condiciones ambientales dentro de Ciudad Santa Fe y alrededores.

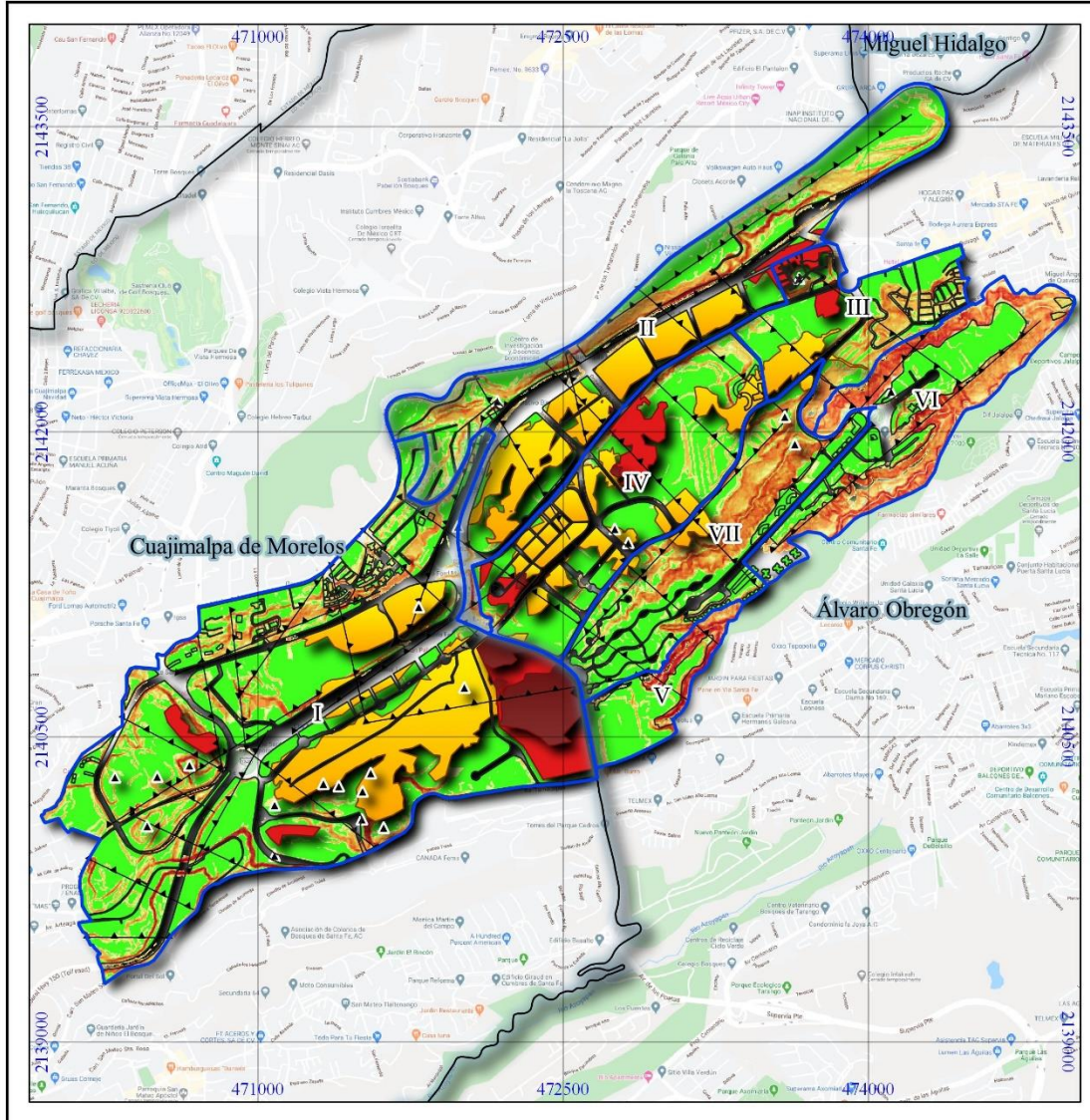
Para evidenciar las variables consideradas a lo largo de este sub–apartado se opta por representarlas de manera cartográfica dentro de un mapa de amenazas totales llamado **Mapa 7**, el cual se explica detalladamente a continuación. Inicialmente el mapa de amenazas define y delimita las zonas de mayor latencia mediante la consideración de los factores de riesgo asociados al biogás y su riesgo de explosión, en este caso se presentan cuatro zonas de amenaza, de acuerdo con las metodologías de riesgo para clasificación de amenazas (UrbCAD, 2010):

- **Zona verde o baja.** – esta zona responde a un comportamiento estable dentro del estudio de variables asociadas, ya que no presenta algún tipo de relación que condicione la presencia de amenaza.

- **Zona amarilla o media.** – esta zona representa los espacios de mayor susceptibilidad de ladera con más de 18° de inclinación hasta 50°, este factor relacionado con la mecánica de suelos es de suma importancia para la toma de decisiones del sector inmobiliario. Por otro lado, las zonas amarillas representan las manzanas que se encuentran sobre zonas que anteriormente eran minas de extracción de materiales, que al igual que la susceptibilidad y la mecánica de suelo pueden provocar el hundimiento paulatino de las edificaciones presentes dentro del polígono de estudio. Es importante mencionar que los procesos de deslizamiento no son únicos en Ciudad Santa Fe, ya que gran parte de la Alcaldía Álvaro Obregón presenta este tipo de movimiento derivado de las topofomas y el relieve.
- **Zona roja o alta.** – en estas zonas delimitadas por manzanas se presentan las intersecciones resultantes de los polígonos de sitios de disposición final y las zonas con pendientes mayores a 50° aunadas a los antiguos sitios de disposición final, esto debido a que el enfoque de este proyecto de investigación determina que los rellenos sanitarios son zonas de mayor amenaza dentro de la zona de estudio.
- **Zona vino o muy alta.** – dentro del mapa se presentan las zonas de mayor amenaza, las cuales son producto de la intersección entre los polígonos de sitios de disposición final y los polígonos de minas históricas, esto da como resultado los puntos de mayor amenaza relacionadas a la subsidencia del suelo por posibles hundimientos derivados de las oquedades presentes en el subsuelo.

Finalmente, se presentan dentro del mapa los lineamientos correspondientes a la presencia de fallamientos obtenidos por medio del método morfo estructural (planteado en el capítulo 2), y las zonas de mayor altitud, esto con el fin de establecer relaciones geográficas entre los gradientes de amenaza y el relieve existente. Se observa una relación clara entre las antiguas zonas mineras y los fallamientos actuales, esto quiere decir que el relieve se ha mantenido dinámico por el acomodo estratigráfico del suelo y la constante liberación de energía sísmica de los actuales microsismos con epicentro en la Alcaldía Álvaro Obregón. Por su parte, las zonas de laderas se mantienen estables por la conservación aparente de sus estructuras geológicas y la poca modificación de la población.

Áreas amenazadas relacionadas con biogás por manzana, 2019. Ciudad Santa Fe.



Simbología

UVA's	Alto
Fallas	Medio
Puntos más altos	Bajo
Riesgo total	Muy alto

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m

Este mapa fue elaborado con información obtenida del proyecto de tesis "Cambios de uso de suelo en Ciudad Santa Fe, D. F. y su relación con el proceso de expansión urbana y los tiraderos a cielo abierto (1970 - 2007)" (Maya Sixtos, 2015).



Mapa 7. Áreas amenazadas relacionadas con biogás por manzana, 2019. Ciudad Santa Fe

3.2 Análisis de vulnerabilidad

3.2.1 Cálculo de vulnerabilidad en la zona de estudio

A finales del siglo XX, el desarrollo de las grandes ciudades trajo consigo un aumento exponencial en la población, ya que un espacio así representaba no solo oportunidades económicas, sino también confort. Sin embargo, este tipo de crecimiento no tuvo la respuesta esperada en la Ciudad de México y Área Metropolitana debido a la falta de espacios para vivir, por lo cual gran parte de la población optó por establecerse en zonas vulnerables o de riesgo sin importar su constante susceptibilidad al peligro físico y social que eso podría ocasionar posteriormente. De modo que, el panorama era (y continúa siendo en la actualidad) muy complejo, esto haciendo referencia al acomodo de una población dentro de una ciudad como esta. Tales procesos pueden generar a largo plazo sistemas de construcción inadecuados que no responden a la normativa establecida, además del crecimiento tanto de la pobreza como de la desigualdad y una distribución heterogénea de los servicios públicos y de salud (Robert & Metzger , 2013).

Ciudad Santa Fe se planteó desde un inicio como un espacio funcional, el cual iba a sostener relaciones internacionales a partir de su interés por establecer complejos económicos en una zona estratégica ubicada dentro del área económica más importante del país. Este proyecto tuvo diferentes escenarios, pues pasó de ser un espacio minero hasta lo que se conoce hoy como un lugar atractivo y seguro para sus habitantes con la característica principal de siempre mantener el progreso gracias al uso de las ciencias y a la tecnología como apoyo. No obstante, la demanda rebasa por mucho la oferta del espacio, pues la saturación de servicios a consecuencia del aumento poblacional ocasiona situaciones vulnerables generalmente relacionadas con factores físicos (como la inestabilidad del suelo, el deslizamiento de ladera, entre otros), pero cuando se habla de vulnerabilidad se debe de considerar forzosamente la percepción del sujeto que vive dentro del espacio, ya que gran parte de la población no considera su localidad como un entorno vulnerable o susceptible a la ocurrencia de un evento catastrófico.

La vulnerabilidad no es un factor que se reduce con la identificación en papel, la magnitud de afectación o la ubicación de los posibles daños, este concepto también hace referencia a

la toma de decisiones en tres fases: antes, durante y después de la ocurrencia. Douglass (1996). Estas fases consideran que la vulnerabilidad es un concepto multidimensional de los riesgos que asumen factores físicos, económicos, políticos y sociales de un grupo para realizar un estudio de caso completo, de igual forma este concepto no hace referencia exclusiva a la capacidad de afectación, sino que también considera las dificultades de recuperación en situaciones destructivas, lo cual tiene una estrecha relación con el concepto de resiliencia urbana.

Cuando se habla de resiliencia ecológica generalmente se hace referencia a la capacidad de una comunidad biológica para volver al punto de origen antes de una manifestación de perturbación o disturbio, sin embargo, al hablar de la resiliencia urbana se consideran los planes de mitigación o medidas preventivas de una sociedad para poder adaptarse a un evento catastrófico (SEGOB, 2016), superarlo y recuperarse. Este concepto es integral e interdisciplinario, por lo cual abarca desde el ordenamiento territorial de un espacio hasta la gestión del mismo, no obstante, para considerar un lugar como resiliente es importante estimar la capacidad económica para poder reaccionar ante este tipo de eventos, ya que un espacio con mayor importancia socio-cultural y con un subsidio establecido a atender catástrofes tendrá una capacidad de respuesta más rápida ante un evento de riesgo.



Ilustración 8. Resiliencia urbana en Ciudad Santa Fe. Fotografía tomada de: <https://nacionunida.com/2018/08/13/reparar-deslave-santa-fe-edificios-lujo-desvian-fondos-los-damnificados-del-sismo-del-19-septiembre/> el 06/10/2019

El caso de Santa Fe es un claro ejemplo de resiliencia diferenciada. En la **Ilustración 8** se plantea un ejemplo de la atención ante una catástrofe en un lugar económicamente estable. Este caso se presenta en un complejo inmobiliario ubicado en dirección suroeste fuera de la zona de estudio cerca de la Av. Tamaulipas. En el dictamen de TGC Geotecnia se establece que este evento fue producido por la falta de sistema de drenaje, lo cual produce a largo plazo la inestabilidad del suelo y el desprendimiento del material rocoso (deslaves), esto debido a la poca consolidación del estrato y a la pendiente del talud que va de los 70 a los 90° de inclinación. En este caso la solución inmediata fue colocar trabes de concreto ancladas al estrato.

La propuesta estratégica para la solución de esta problemática se basa en la identificación de elementos esenciales en el paisaje urbano. [Robert & Metzger \(2013\)](#) plantean que el análisis de elementos esenciales da coherencia a la categorización y conceptualización del riesgo y vulnerabilidad, donde componentes como los complejos económicos de la zona, la demanda inmobiliaria, la propuesta de espacios recreativos (como el parque de la Mexicana, entre otros lugares,) son prioritarios para mantener la esencia en sí del lugar, por lo cual al verse afectados por la manifestación de un evento catastrófico se debe dar respuesta casi instantánea para mantener ese estatus de espacio atractivo y resiliente a casi cualquier tipo de evento. Este tipo de modelo demuestra centralidades dentro de espacios focalizados, donde la segregación de los espacios poco atractivos es evidente y de atención secundaria dentro de este tipo de complejos económicos. Por lo tanto, el concepto de vulnerabilidad se considera como integrador de factores sociales y económicos.

Para cuantificar los niveles de vulnerabilidad, se realizan cálculos matemáticos para establecer relaciones entre el nivel de variable de representación y la probabilidad de ocurrencia de un evento que altere la cotidianidad de las condiciones originales de un espacio [Flores et al. \(2006\)](#), esta metodología comprende el análisis de variables asociativas al estudio de la vulnerabilidad, y está planteada principalmente para homogeneizar las variables bajo estudio a partir de un análisis exploratorio con la intención de representarlo espacialmente en mapas. En este caso se plantea un análisis de vulnerabilidad socialmente construida, donde la influencia del ser humano como modelador del terreno genera su propia susceptibilidad a la ocurrencia de eventos catastróficos. Es importante considerar que cada proceso de riesgo

tiene una relación estrecha con la cantidad de población (residente y flotante), los intereses económicos o políticos del espacio de estudio y la categorización federal (Área Natural Protegida, Reserva de la Biosfera, Parque Nacional, Zona Especial de Desarrollo Económico, Zona Económica Prioritaria, etc.), esto condiciona a la población visitante y a la categorización de zona turística dentro de un espacio urbano.

Para facilitar este tipo de análisis, CENAPRED (2018) en su informe “La resiliencia en la gestión integral del riesgo” plantea una fórmula donde se consideran las variables generales para la evaluación de zonas vulnerables y de riesgo, la cual se presenta a continuación:

$$\text{Riesgo de desastre} = \frac{\text{Peligro} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}}{\text{Resiliencia}}$$

Fórmula 3. Formula de susceptibilidad y riesgo

Esta fórmula plantea cuál es la capacidad de una población para responder ante un evento de desastre, de igual forma es utilizada para la realización de estudios previos a ocurrencia para mitigar riesgos mediante la reubicación de población de espacios vulnerables a zonas seguras, entre otras medidas. En México, la mitigación de riesgos se concentra mayoritariamente en zonas económicamente importantes para la Ciudad de México o Zonas Metropolitanas dentro del país, ya que la capacidad de respuesta en el ámbito de restauración en zonas marginadas afectadas por sismos recientes se mantiene con las mismas condiciones después de la manifestación de un sismo.

3.2.2 Análisis multivariable para población expuesta

Mediante la clasificación y selección de criterios de análisis se definen las siguientes variables, inicialmente, a partir de fuentes oficiales especializadas en el estudio de riesgos se clasifican las variables de estudio en tres para determinar la vulnerabilidad, estas son: Variables sociales, Variables económicas y Variables urbanas. Sin embargo, debido al tipo de estudio relacionado con el ámbito ambiental se decide cuantificar las variables asociadas a este campo de estudio, esto con el fin de elaborar un análisis integral y especializado de vulnerabilidad y exposición aparente del área de estudio. Es importante mencionar, que las variables bajo estudio fueron seleccionadas con base en una revisión artículos e informes

donde se estudia la vulnerabilidad aunado al estudio ambiental en diferentes países de Latinoamérica.

Los datos fueron obtenidos de fuentes oficiales y gubernamentales en diferentes formatos, como consecuencia se opta por homogeneizar la información a través de la creación de valores denominados como *Z score* o calificación Z, este valor es utilizado para estandarizar los valores de quiebre de un supuesto mediante la calificación matemática, es decir, clasificar qué valor se denomina como seguro y cuál no (Vallado Fernández, 2015). Este concepto generalmente está asociado al estudio financiero y empresarial, pero en este caso se busca la adaptación y uso por medio de su aplicación en el campo de la Geografía.

En este caso se presenta un gráfico relacionado con el modo de utilización del concepto y su relación con los valores de estudio. El valor de *Z score* está dado por el manejo de un gradiente que parte del 0 (cero) como valor medio y el resto de valores positivos y negativos. En este caso el uso se establece a partir de definir si las variables usadas se relacionan o no con el entorno real y en qué magnitud son de importancia. En la **Ilustración 9** se representa gráficamente una adaptación del Modelo Altman a la estimación de vulnerabilidad, se puede observar que los valores positivos se consideran mejores y menos vulnerables que los que son negativos que por su parte pueden presentar algún grado de vulnerabilidad y exposición. Es importante mencionar que para la representación de simbologías de riesgo se utiliza la categorización en 5 clasificaciones mencionadas anteriormente.

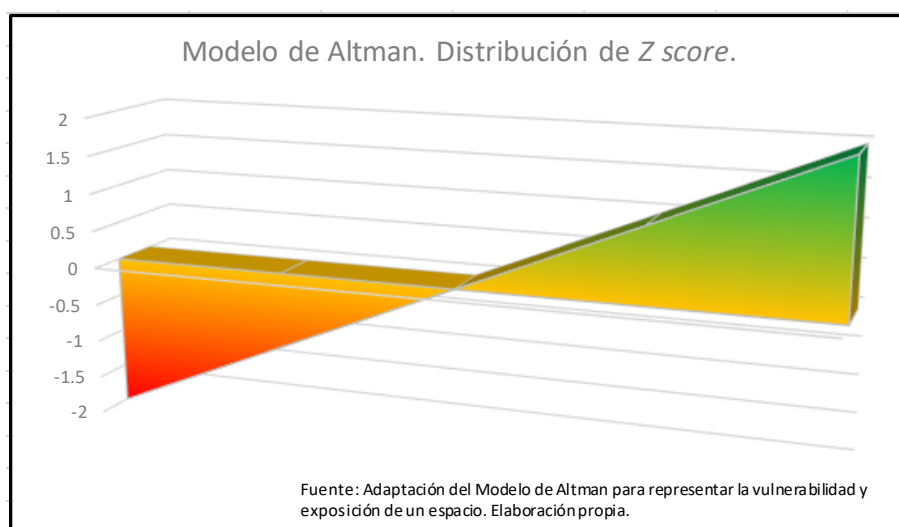


Ilustración 9. Adaptación del Modelo de Altman para el cálculo de vulnerabilidad aparente.

Además, es primordial considerar que este modelo permite representar espacialmente los valores a partir de una segregación por manzana, ya que fue la delimitación espacial utilizada para la medición de vulnerabilidad.

A continuación, se presentan las variables de estudio utilizadas para estimar la vulnerabilidad dentro de Ciudad Santa Fe, gran parte de la información fue obtenida del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) en formato *.csv*.

Variables de estudio. Ámbito económico					
Variable	Fuente	Año	Relación	Formato	Abreviatura
Población económicamente activa	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	PEA
Población ocupada	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	POBOCU
Población desocupada	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	POBDESOCU
Población no activa	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	NOPEA

Variables de estudio. Ámbito social					
Variable	Fuente	Año	Relación	Formato	Abreviatura
Población de 0 a 14 años	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	POB014
Población mayor de 60 años	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	POBMAS60
Escolaridad	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	ESCO
Población con más de 5 años de residencia	INV	2016	Indirecto	Delimitado con comas .csv	RESID
Población discapacitada	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	DISCAP
Población derechohabiente	INV	2016	Indirecto	Delimitado con comas .csv	DERE
Población no derechohabiente	INV	2016	Indirecto	Delimitado con comas .csv	NODERE

Variables de estudio. Ámbito urbano					
Variable	Fuente	Año	Relación	Formato	Abreviatura
Total de viviendas	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	TOTVIV
Total de viviendas particulares habitadas	INV	2016	Directo	Delimitado con comas .csv	VIVHAB
Total de viviendas con luz eléctrica	INV	2016	Indirecto	Delimitado con comas .csv	LUZELEC
Total de viviendas con agua entubada	INV	2016	Indirecto	Delimitado con comas .csv	AGUA
Total de viviendas con internet	INV	2016	Indirecto	Delimitado con comas .csv	INTERNET

Variables de estudio. Ámbito ambiental					
Variable	Fuente	Año	Relación	Formato	Abreviatura
Grado de fracturamiento	Datos CDMX	2019	Indirecto	.shp (polígono)	FRAC
Temperaturas máximas anuales	Datos CDMX	2019	Directo	.shp (polígono)	TEMPMAX
Grado de influencia sísmica	Datos CDMX	2019	Indirecto	.shp (polígono)	SISMICO
Grado de susceptibilidad del suelo	Datos CDMX	2019	directo	.shp (polígono)	LADERA

Para obtener mejores resultados se ponderan las variables en función de su influencia en el producto final, en este caso los campos Social y Ambiental tienen mayor ponderación debido a que el estudio parte de una problemática ambiental y que la población es prioridad debido al grado de exposición al que se encuentren según el lugar donde se ubiquen. Dado el contexto económico e histórico de la zona de la ponderación establecida por la metodología original fue modificada y fue adaptada. Además, las variables responden a la información disponible de la zona y a su relación con el proyecto. Para representar la vulnerabilidad en gradientes se optó por usar la representación de Atman, donde cada valor corresponde a un gradiente de color

En la tabla siguiente también se especifica el número de variables utilizadas en el análisis, de igual forma es importante mencionar que se utiliza una ponderación específica por variable ya que se busca evidenciar de forma más certera la afectación a los sectores urbanos que componen la zona de estudio.

Tabla 6. Ponderación de variables de vulnerabilidad

Ponderación de factores de vulnerabilidad		
VARIABLES	NÚMERO DE VARIABLES	PONDERACIÓN
Social	7	30%
Ambiental	4	30%
Urbano	5	25%
Económico	4	15%

Seguidamente se presentan las ponderaciones específicas del estudio:

Índice de Vulnerabilidad Social (IVS)

$$IVS = 0.15(POB014) + 0.15(POBMAS60) + 0.12(ESCO) + 0.12(RESID) + 0.12(DISCAP) + 0.12(DERE) + 0.12(NODERE)$$

Índice de Vulnerabilidad Ambiental (IVA)

$$IVA = 0.25(FRAC) + 0.25(TEMPMAX) + 0.25(SISMICO) + 0.25(LADERA)$$

Índice de Vulnerabilidad Urbana (IVU)

$$IVU = 0.20(TOTVIV) + 0.20(VIVHAB) + 0.20(LUZELEC) + 0.20(AGUA) + 0.20(INTERNET)$$

Índice de Vulnerabilidad Económica (IVE)

$$IVE = 0.25(PEA) + 0.25(POBOCU) + 0.25(POBDESOCU) + 0.25(NOPEA)$$

Índice de Vulnerabilidad Total (IVT)

$$IVT = 0.30(IVS) + 0.15(IVA) + 0.25(IVU) + 0.30(IVE)$$

3.2.3 Evaluación final de vulnerabilidad

3.2.3.1 Variables económicas

La vulnerabilidad económica se define como la susceptibilidad de una persona a perder sus bienes, propiedades y su sistema de sustento (empleo) ante la ocurrencia de un desastre (Pérez de Armiño, 2001). Este tipo de vulnerabilidad se representa espacialmente de forma desigual, pues está condicionada por la distribución de los servicios financieros que mantienen el flujo constante de grandes capitales dentro de zonas urbanas, estos procesos definen el acomodo social dentro de una población en clases sociales. Por consiguiente, la inequidad de servicios se manifiesta en función de la posible vulnerabilidad a la que se pueda encontrar sometida dicha población, así pues, se pueden establecer relaciones con el medio físico–urbano dentro del que se desarrolla una población, ya que la mayoría de las veces los sectores sociales más vulnerables se ubican dentro de espacios peligrosos, los cuales se asocian principalmente a laderas inestables, zonas sísmicas, entre otras. Esto representa una exposición latente al sujeto que se desarrolla cotidianamente dentro de dicho espacio.

Dentro del estudio de variables económicas se categorizan bajo el supuesto de que la población residente forma parte del sector trabajador de la zona, el caso de Santa Fe es muy particular, ya que gran parte de la población trabajadora se desplaza desde su lugar de origen (generalmente cualquier lugar dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México) hasta sus zonas de trabajo, por lo cual los valores de PEA son irregulares por la ausencia de valores complementarios de población flotante. No obstante, según información de la Encuesta Origen–Destino de INEGI (2018), aproximadamente el número de personas que visitan por diferentes motivos Santa Fe asciende a casi 172 000 personas, de las cuales casi el 70% se desplaza por trabajo diariamente.

Una estimación a partir de datos del Programa Parcial de Desarrollo Urbano para Santa Fe (2012) evidencia que en 1999 el personal ocupado de la delegación Álvaro Obregón en conjunto era de 188,057 individuos aproximadamente, de los cuales el 5.62%, 10,570 individuos, laboraban en Santa Fe. Para 2004 este rubro llegó a los 197,204 individuos en

ambas delegaciones, de los que aproximadamente el 15.6%, 30,744 individuos, tenían empleo en dicha zona.

En el **Mapa 8** se representa cartográficamente la distribución de valores de vulnerabilidad económica por manzana derivados de la aplicación de la metodología anteriormente planteada, de igual forma se considera la delimitación de UVA's para una mejor apreciación de los lugares con mayor concentración de población vulnerable. Para este mapa se consideraron valores relacionados con el desarrollo económico de la zona que se encuentran sujetos a disponibilidad en páginas oficiales y se presentan en bruto. En la siguiente tabla se consideran los valores más altos representados en el mapa, es importante mencionar que los valores obtenidos no tienen una relación espacial alguna.

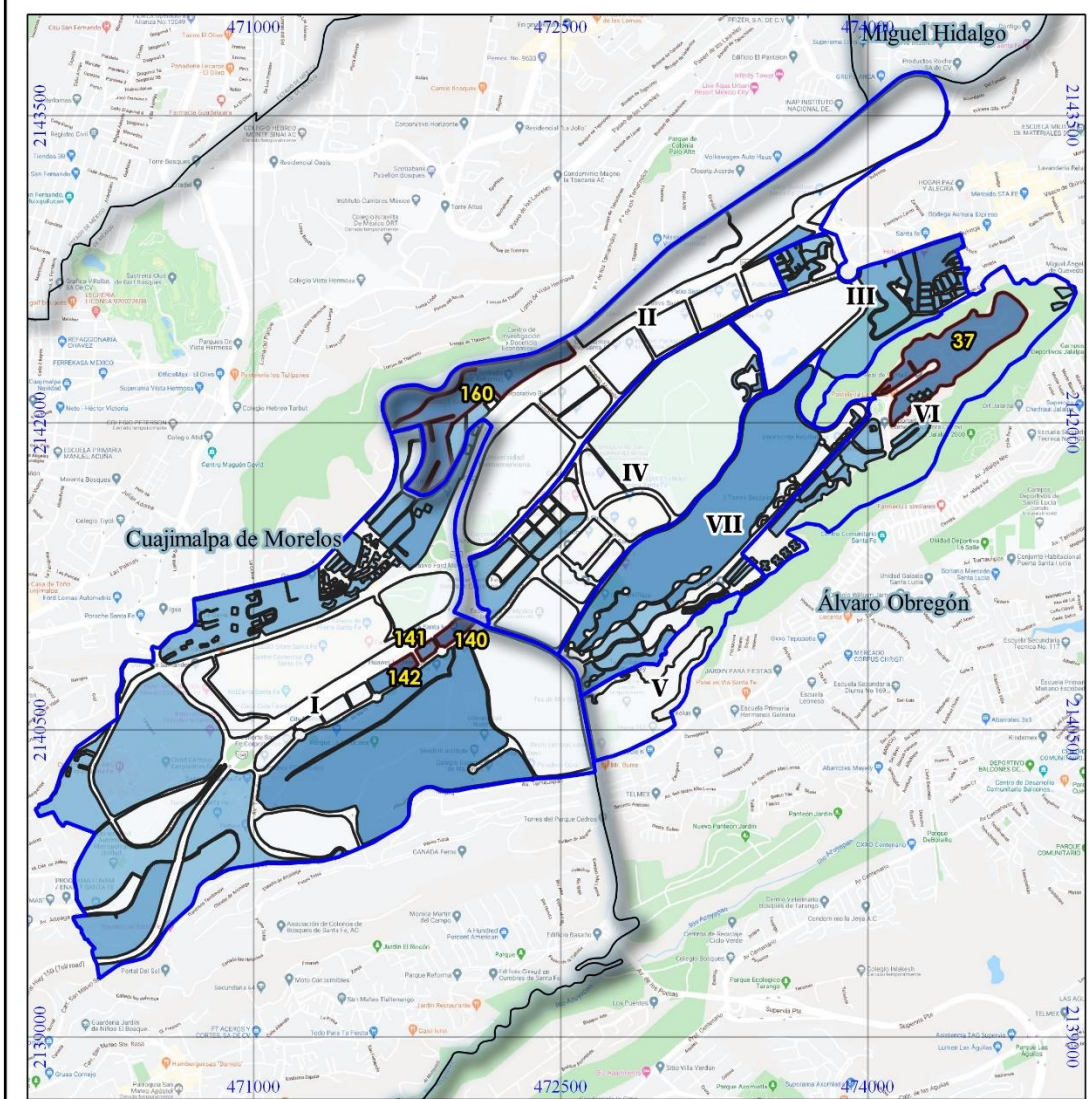
Tabla 7. Indicadores de vulnerabilidad económica (Adaptación Modelo de Altman)

Número de manzana	Población económicamente activa	Población ocupada	Población desocupada	Población no activa	Índice de vulnerabilidad económica
142	6.16	6.19	1.11	7.50	6.58
140	6.45	6.49	0.89	4.45	6.14
37	3.86	3.92	-0.20	2.11	3.55
160	2.71	2.73	0.46	4.82	3.23
141	3.62	3.68	-0.20	0.56	3.01

Factores como el catastro y la vulnerabilidad tienen una estrecha relación para el estudio de la vulnerabilidad económica, ya que existe una relación aparente entre el número de personas que habitan en un espacio determinado y el uso de suelo urbano (habitacional y corporativo en este caso), por lo cual es posible identificar núcleos poblacionales a una escala más chica geográficamente hablando.

En el caso de la manzana 142, la relación establecida concuerda con la presencia de un complejo hotelero, el cual comprende de un conjunto de pisos que se subdividen según el giro comercial, las plantas bajas corresponden a estacionamientos, el resto de la edificación es hotelera y en la parte superior cuenta con plataforma para helicópteros. Estos factores aluden a una alta concentración de población expuesta, ya que funciona para mantener las demandas turísticas de la población residente y visitante.

Grado de vulnerabilidad económica. Ciudad Santa Fe 2019.



Simbología

- | | | |
|-----------------------|---------------------|----------|
| UVA's | Límites por manzana | Muy bajo |
| Zonas más vulnerables | Bajo | Medio |
| | Alto | Muy alto |

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1500m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Este mapa fue realizado con información obtenida del portal Inventario Nacional de Viviendas (INV), del INEGI para la zona de Ciudad Santa Fe, ubicada en las Alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos.

Mapa 8. Vulnerabilidad Económica, 2019

3.2.3.2 Variables sociales

La vulnerabilidad tiene un objetivo de estudio muy complejo, generalmente parte de supuesto de la capacidad, características y condiciones del entorno de un sujeto para enfrentar, actuar y responder ante una amenaza latente (Ruiz Rivera, 2012a). Con esta referencia se comprueba la diferenciación entre los factores físicos y sociales dentro del estudio de la vulnerabilidad, ya que la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad generan escenarios catastróficos dentro del constructo social. Para realizar el estudio de este conjunto de variables, se consideraron las características del grupo de personas bajo estudio que permiten mantener bienestar y reaccionar ante una situación de riesgo, por lo cual se consideraron variables relacionadas con salud pública, grupos vulnerables y algunos otros componentes dentro del estudio de marginación social.

De acuerdo con cifras de INEGI se estima que del año 1960 al 2010 la población total del país incremento 3.31 veces, por lo cual es posible distinguir la existencia de etapas de crecimiento diferenciado por incrementos de población. En el caso de Ciudad Santa Fe la población tuvo un decrecimiento parcial, ya que como se mencionó, a lo largo del crecimiento poblacional de la zona de estudio se tuvieron varios eventos de gentrificación donde las personas que habitaban en la antigua zona de basureros fueron obligadas a retirarse por el crecimiento de la zona económica más importante en ese entonces.

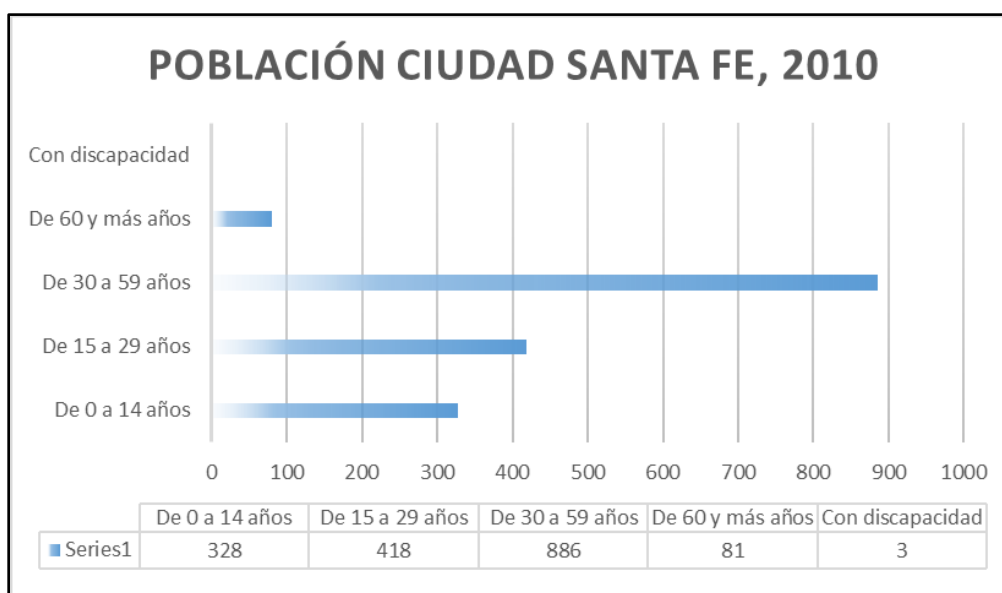


Ilustración 10. Gráfico de población total de Ciudad Santa Fe, para el año 2010, INEGI.

En la gráfica se muestra una concentración muy importante en un rango de edades de 30-59 años considerando a esas personas como en edad productiva (económicamente hablando), sin embargo, al obtener información total de población nos arroja una cifra de 1716 personas habitando Ciudad Santa Fe, para el año 2010, este al parecer no es un número considerable para poder considerar a una zona bajo riesgo, por lo cual esto remite a una investigación de una cifra de población flotante, sin embargo, debido al difícil acceso a la población flotante en Ciudad Santa Fe y lo general de los datos para la Ciudad de México, se omitió este dato en la investigación.

Dentro de la metodología planteada es importante mencionar que la selección de las variables bajo estudio en este apartado responde a diferentes metodologías abordadas en otros países de Latinoamérica para el estudio de vulnerabilidad social.

Tabla 8. Indicadores de vulnerabilidad social

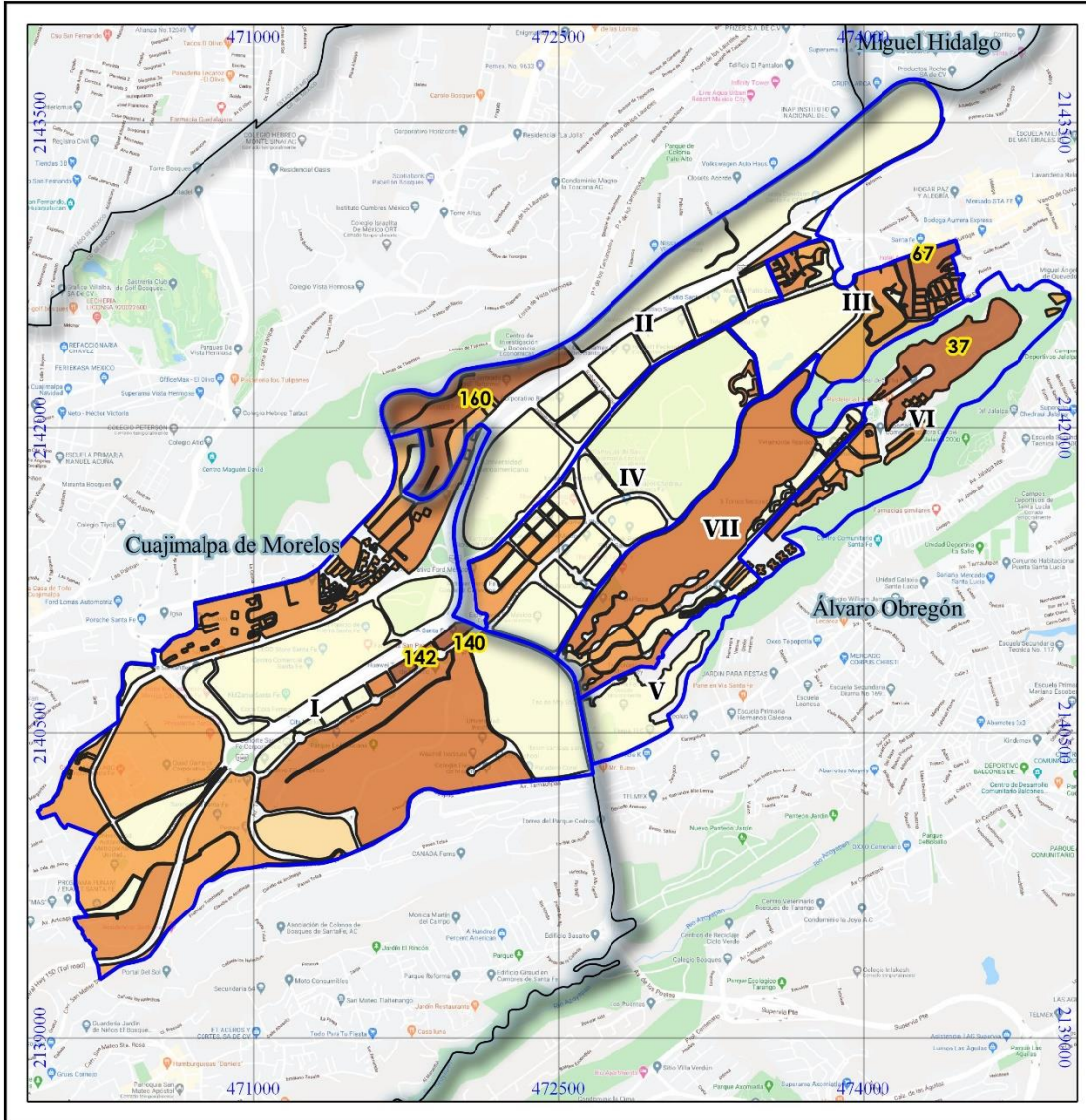
Número de manzana	Población de 0 a 4 años	Población mayor de 60 años	Escolaridad	Población con más de 5 años de residencia	Población discapacitada	Población derecho - habiente	Población no derecho - habiente	Índice de vulnerabilidad social
140	4.24	4.17	0.33	5.42	-0.22	6.38	2.26	5.38
142	2.30	4.05	1.35	5.13	-0.22	5.16	7.27	5.17
37	5.32	1.14	1.08	3.26	-0.22	3.84	3.05	3.78
160	2.49	5.63	1.18	4.11	-0.22	3.22	3.49	3.68
67	3.46	5.02	0.27	3.65	3.32	2.49	4.49	3.52

En este caso, el campo con mayor ponderación corresponde a la manzana con el número 140 ubicada en la zona central de la zona de estudio, cerca de Av. de los Poetas. Este polígono tiene la mayor concentración de población menor de 4 años de edad y la mayor población anciana, por lo cual pueden considerarse como grupos vulnerables. Sin embargo, tiene la mayor cantidad de población derechohabiente, por lo cual en caso de emergencia la capacidad de respuesta puede ser bastante alta, de igual forma es importante considerar a la población con más de 5 años de residencia dentro de la zona de estudio, esto puede atribuir a que un porcentaje de la población se encuentra bajo condiciones de bienestar adecuadas para su desarrollo. Es importante mencionar que el parámetro de densidad de población no fue considerado para esta evaluación debido a que la población dentro de cada polígono de

estudio es muy limitada, por lo cual no es un componente de importancia en la presente evaluación. Además, gran parte del uso de suelo catastral responde al uso de corporativos, factor que contabiliza la población flotante de la zona.

Finalmente, cabe resaltar que espacialmente el estudio de vulnerabilidad social es desigual y responde a las necesidades del estudioso. En este caso un punto importante a considerar son los puntos de concentración de personas a lo largo del día, durante los recorridos en campo se observó que se generan cúmulos de personas en las paradas del servicio de transporte público, éstos pueden generar un foco de exposición en cuanto a la relación con un posible evento catastrófico originado por la acumulación de biogás.

Grado de vulnerabilidad social. Ciudad Santa Fe, 2019.



Simbología

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| UVA's | Vulnerabilidad Muy bajo |
| Límites por manzana | Bajo |
| Zonas más vulnerables | Medio |
| | Alto |
| | Muy alto |

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1500m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84

Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto

Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Este mapa fue realizado con información obtenida del portal Inventario Nacional de Viviendas (INV), del INEGI para la zona de Ciudad Santa Fe, ubicada en las Alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos.

Mapa 9. Vulnerabilidad social, 2019

3.2.3.3 Variables urbanas

Dentro de las variables urbanas se atienden criterios relacionados con el rezago social y la vivienda digna, dichos parámetros se consideran como primarios dentro de la evaluación de este apartado. Asumiendo que las condiciones de vida dentro de las viviendas son favorables para el desarrollo, se propone el concepto de hábitat digno (Barreto, 2010), el cual se centra en la forma íntegra de un hogar urbano y los servicios que lo conforman. Este concepto hace hincapié en otros aspectos secundarios (como aspectos urbanístico – ambientales, aspectos jurídicos, aspectos económicos, aspectos sociales, aspectos culturales, ente otros) los cuales se relacionan íntimamente y por consecuente, establecen un sentido de identidad adoptado por los individuos que conforman el espacio socialmente construido, dichos espacios deben establecerse con fines funcionales para la sociedad en su conjunto. Así pues, componentes infraestructurales como las vías de comunicación, el alumbrado público, el sistema de drenaje y otros, condicionan el bienestar social urbano.

El hábitat digno dentro de Ciudad Santa Fe, tiene una relación muy estrecha con la resiliencia urbana, es decir, la capacidad de respuesta ante un evento que altere la cotidianidad de un lugar en concreto. Como se mencionó anteriormente la capacidad de resiliencia en esta zona, es alta, por lo cual la consideración de variables se relaciona más con servicios públicos, esto debido a que la infraestructura y el equipamiento urbanos son adecuados para satisfacer a la población de la zona, en cambio la distribución de servicios públicos es desigual, ya que, no todas las manzanas estudiadas cuentan con drenaje conectado a la red pública, o bien con servicio de luz eléctrica. Además, las viviendas bajo estudio tienen esa categorización, pero puede que estén deshabitadas, por lo cual, es de suma importancia para el estudio destacar estas variables propuestas.

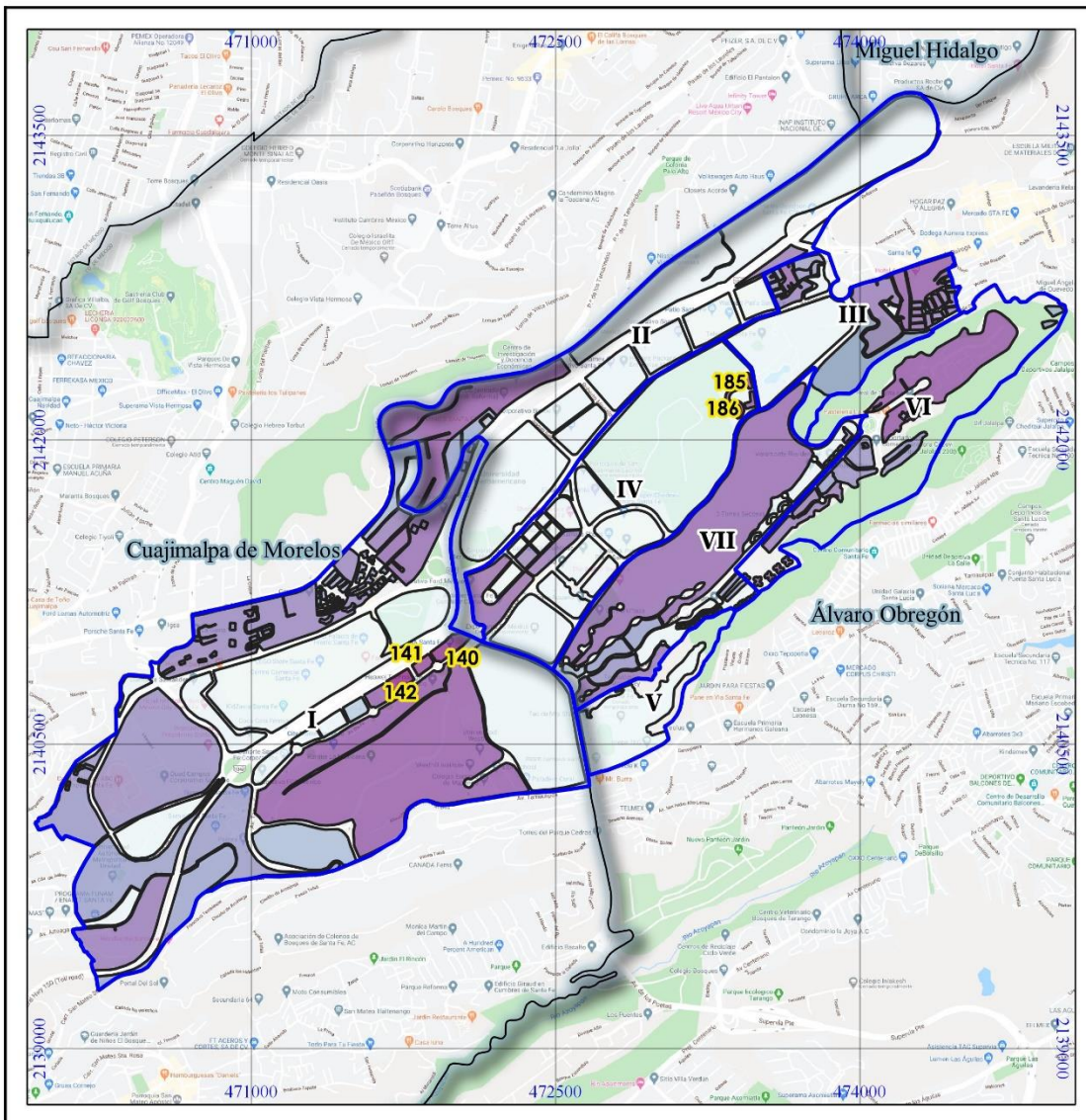
Para el estudio de variables urbanas se consideran los servicios y la cantidad de viviendas que cubren el área de estudio, en este caso la manzana 142 contiene el mayor número de viviendas, dentro de esta delimitación ocupan lugar aproximadamente 75 viviendas de las cuales solo 71 de ellas contiene todos los servicios públicos necesarios para mantener bienestar. Es importante mencionar que el resto de viviendas son lotes sin denominación de vivienda, es decir, son empresas o corporativos.

Tabla 9. Indicadores de vulnerabilidad urbana

Número de manzanas	Total de viviendas	Viviendas habitadas	Viviendas con luz eléctrica	Viviendas con agua potable	Viviendas con drenaje	Viviendas con servicio de internet	Índice de Vulnerabilidad Urbana
142	6.24	7.04	7.72	7.72	7.72	7.72	7.37
140	6.29	5.99	6.23	6.22	6.23	6.23	6.26
141	3.62	3.63	3.94	3.93	3.94	3.94	3.85
186	2.67	3.10	2.98	2.97	2.98	2.98	2.96
185	2.44	2.82	3.09	3.09	3.09	3.09	2.94

En el **Mapa 10** se observa una afinidad notable entre las zonas más vulnerables y las áreas verdes, esto quiere decir que gran parte de su giro corresponde al ámbito turístico, o bien es factor de atracción para los visitantes de la zona, de igual forma la accesibilidad es un factor importante, ya que estos espacios se relacionan con las principales vialidades de la zona de estudio.

Grado de vulnerabilidad urbana. Ciudad Santa Fe 2019.



Simbología

 UVA's	 Vulnerabilidad Muy bajo
 Límites por manzana	 Bajo
 Zonas más vulnerables	 Medio
	 Alto
	 Muy alto

Este mapa fue realizado con información obtenida del portal Inventario Nacional de Viviendas (INV), del INEGI para la zona de Ciudad Santa Fe, ubicada en las Alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos.

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1500m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84

Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto

Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Mapa 10. Vulnerabilidad urbana, 2019

3.2.3.4 Variables ambientales

La vulnerabilidad ambiental está dada a partir del enfoque ecológico o potencial que tiene una zona (en este caso urbana), para el estudio de dicho parámetro se establece la relación hombre–naturaleza, pero desde una perspectiva urbana donde se hace referencia a la resiliencia obtenida a partir de *la respuesta de un grupo de personas ante un desastre y la funcionalidad de los espacios después de dicho evento*, es decir, la capacidad de respuesta y la atención a problemáticas ambientales (como inundaciones, sismos, huracanes, entre otros) mediante la aplicación de protocolos (Ruiz Rivera, 2012b). Este tipo de eventos no necesariamente tienen que ser catastróficos o destructivos, simplemente se tienen que relacionar con el objeto de estudio (como el biogás) y deben de causar una afectación paulatina y progresiva, esto aunado a factores externos como la susceptibilidad de laderas y la estratigrafía del suelo o fracturamiento que generan vulnerabilidad ambiental.

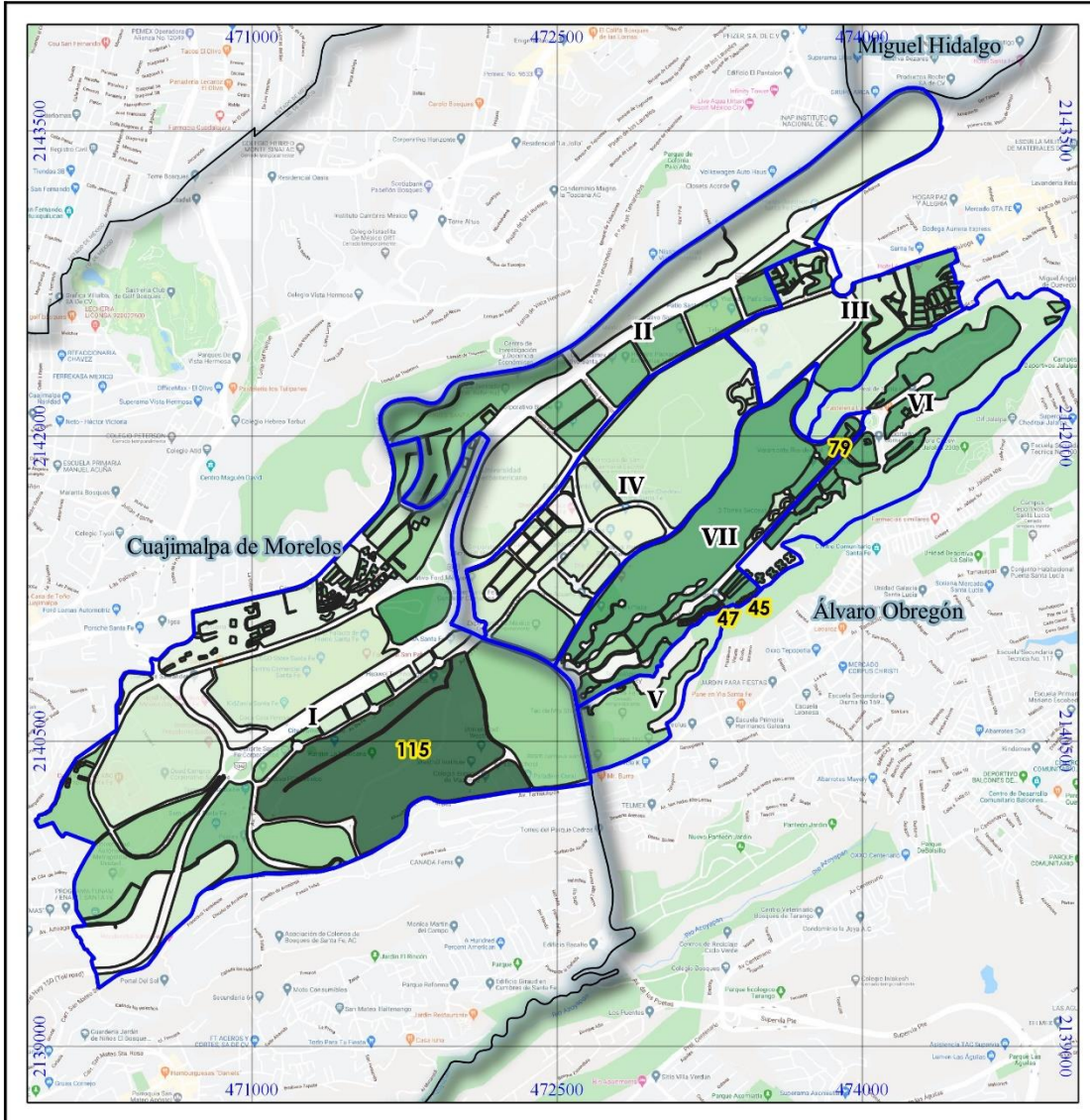
De esta manera, el aumento constante de estas variables aumenta el riesgo de un grupo de personas. En el caso particular de Ciudad Santa Fe, la manzana 115 donde se encuentra el Parque La Mexicana presenta altos valores de sismicidad y alteración estratigráfica debido a la antigua presencia de minas y la poca consolidación del suelo, de igual forma factores como el aumento de vehículos en horas pico y las altas temperaturas que producen islas de calor, que no solo afectan a las personas visitantes, sino también a los residentes en mayor medida, ya que su exposición a contaminantes derivados de los autos y el relleno sanitario repercuten en la salud pública, no solo de la población dentro de la zona de estudio, sino también de zonas aledañas.

Tabla 10. Indicadores de vulnerabilidad ambiental

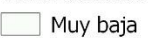



Número de manzanas	Grado de fracturamiento	Temperaturas máximas	Grado de sismicidad	Grado de susceptibilidad del suelo	Índice de Vulnerabilidad Ambiental
115	-0.47	0.23	-1.52	-0.17	5.52
79	-0.47	1.57	3.28	1.71	1.84
35	-0.47	0.23	-1.52	1.71	1.23
36	-0.47	0.23	-1.52	1.71	1.23
37	-0.47	0.23	-1.52	1.71	1.23

Finalmente, se hace referencia en el mapa de vulnerabilidad ambiental a manzanas con altos valores de vulnerabilidad. Sin embargo, estos se relacionan más con actores físicos como las laderas y fallamientos presentes a lo largo de la zona de estudio.

Grado de vulnerabilidad ambiental. Ciudad Santa Fe, 2019.



Simbología

- | | |
|---|--|
|  UVA's |  Muy baja |
|  Límites por manzana |  Baja |
|  Zonas más vulnerables |  Media |
| |  Alta |
| |  Muy alta |

Este mapa fue realizado con información obtenida del portal Datos Abiertos CDMX para la zona de Ciudad Santa Fe, ubicada en las Alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos.

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1500m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto

Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Mapa 11. Vulnerabilidad ambiental, 2019

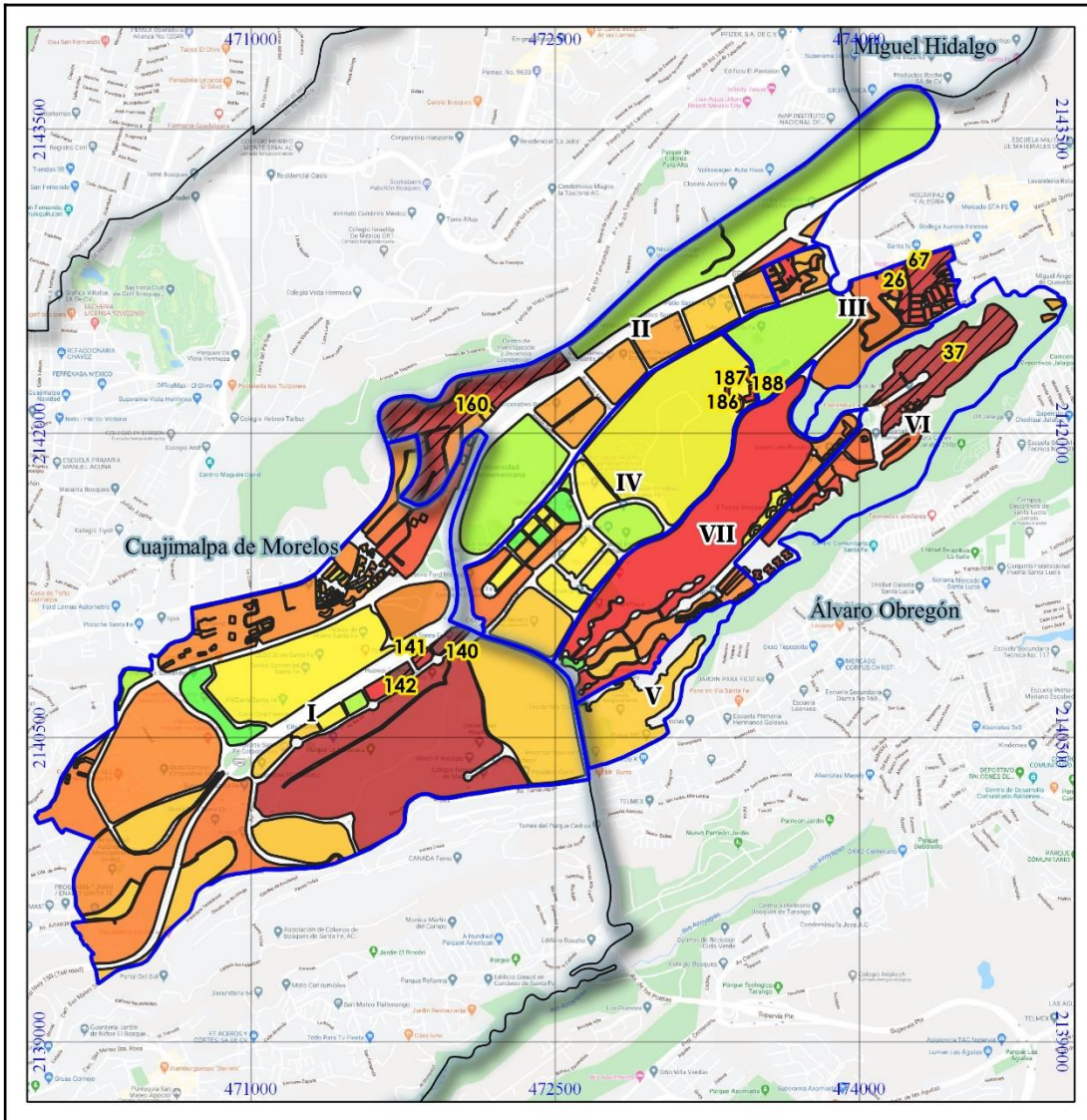
3.2.4 Vulnerabilidad total

Actualmente el marco de estudio del concepto es epistemológicamente muy amplio, ya que la concepción de diferentes estudiosos responde a una metodología establecida en función de características inherentes del lugar donde se desarrollan, además, tanto la percepción como el objeto de estudio intervienen de manera circunstancial dentro de un marco de investigación establecido. En este caso, el uso de la metodología cartográfica parte del supuesto de que los atributos numéricos de un lugar (manipulados estadísticamente) pueden representarse de forma espacial con el objetivo de construir una mejor asociación de elementos del medio físico con la distribución de la población.

Respecto al concepto de vulnerabilidad, se establece una estrecha relación con la resiliencia urbana, sin embargo, este último no solo establece la capacidad de los individuos para superar un evento catastrófico, sino que además las sociedades deben de tener control del medio para mitigar y responder ante la adversidad, es decir, establecer condiciones funcionales iniciales. Con ello se hace referencia a la construcción de edificios con base en la normativa establecida, distribución equitativa de la población para evitar asentamientos irregulares, crear planes de acción, entre otros. En primera instancia, gran parte de estos esfuerzos son controlados por el gobierno, el cual como órgano gestor debe de establecer un ordenamiento territorial adecuado y la necesaria transformación de los espacios.

Dentro del enfoque de investigación, se considera la zona de estudio Ciudad Santa Fe como una zona con niveles de vulnerabilidad cuestionable, esto debido a que dentro de los atlas de riesgo correspondientes a las alcaldías se define como un espacio de bajo riesgo, ya que la población contabilizada solo es residente. No obstante, al realizar un estudio más centralizado en parámetros de diferente índole concomitantes a la construcción del estudio vulnerabilidad, se concluye que este lugar es altamente vulnerable, pues los casi 170 000 visitantes que recibe la zona diariamente funcionan como foco de alerta en caso de algún suceso catastrófico, aunado a la poca accesibilidad al sitio por las limitadas vías de comunicación y la casi ausente atención médica en caso de emergencias.

Grado de vulnerabilidad total. Ciudad Santa Fe, 2019.



Simbología

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| UVA's | Vulnerabilidad total |
| Límite por manzana | Muy bajo |
| Zonas más vulnerables | Bajo |
| | Medio |
| | Alto |
| | Muy alto |

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1500m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 27 000

0 600 1200 m



Este mapa fue realizado con información obtenida del portal INV del INEGI y Datos Abiertos CDMX para la zona de Ciudad Santa Fe, ubicada en las Alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos.

Mapa 12. Vulnerabilidad total, 2019. Ciudad Santa Fe

Al revisar el **Mapa 12** se observa que gran parte de las zonas más vulnerables son de carácter turístico, o bien, tienen una gran afluencia poblacional pues las áreas verdes, los parques, las plazas, y otros elementos urbanos son los principales atractivos de la zona. También algunas corresponden a asentamientos irregulares sobrepoblados dentro del catastro habitacional, ya que gran parte de estas manzanas como las 26, 37, 67, y 160 son puntos de encuentro para estudiantes y personas mayores, esto debido a que no solo responden a un arreglo estructural para la población flotante, sino que también al desarrollo de actividades urbanas o cursos que se crean dentro del complejo para la población residente.

Discusión

Dentro de esta investigación se tuvo como propósito identificar y describir los factores ambientales, geomorfológicos y poblacionales que contribuyen a la manifestación de eventos de riesgo relacionados con biogás en zonas urbanas. Además, se identificaron variables de vulnerabilidad con la finalidad de zonificar a la población expuesta en la zona.

De los resultados obtenidos, se deduce que la exposición de personas dentro del polígono de estudio se encuentra directamente relacionada con las de variables físicas y sociales que condicionan la distribución del asentamiento urbano, así como el uso de suelo actual. No obstante, es importante resaltar que las zonas de susceptibilidad y mecánica de suelos son dominantes dentro del marco del estudio físico y forman parte importante de la obtención de resultados.

En los últimos 10 años, el estudio de riesgos ha sido de gran importancia en México debido a la dinámica sísmica y a la tendencia del suelo a procesos de remoción en masa y hundimientos. Por su parte, el estudio de riesgos relacionados con biogás es deficiente y poco investigado, eso sin dejar de lado la dificultad de acceso a la información base para trabajar características amenazantes dentro y fuera del área metropolitana. Por lo tanto, es consecuente obtener datos incompletos o con discrepancia de escalas geográficas sobre riesgos, en mayor medida a escalas geográficas grandes, como en el caso de esta investigación.

Desde otro punto de vista, la evidencia de riesgos relacionados con biogás o explosiones responden a la manifestación de accidentes automovilísticos de pipas de gas, así como a descuidos durante el manejo y aplicación de metodologías para sustancias peligrosas en el territorio mexicano, es decir, la consideración de eventos relacionados con la

producción de gases por basura es casi nula, esto generalmente se asocia a la magnitud de eventos y la población afectada.

De igual forma, en México la NOM-083-ECOL-1996 establece que los rellenos sanitarios deben cumplir condiciones climáticas, geológicas y de disposición final apropiadas para no afectar a la población de manera importante y que no se generen condiciones ambientales dañinas a largo plazo dentro del sitio de ubicación, esto quiere decir que solo puede ubicarse en zonas rurales como medida de mitigación de riesgo principal. Este no es el caso del relleno Prados de la Montaña y los sitios de disposición final encontrados en los resultados, los cuales forman parte de la mancha urbana de la Ciudad de México. Es importante señalar que este fue el punto de partida para la elaboración de este proyecto de tesis.

Para una mejor evaluación de riesgos dentro de la zona de estudio se hace uso de la delimitación por UVA's, las cuales en conjunto con los datos obtenidos de la evaluación de amenazas y vulnerabilidad evidencian las zonas de mayor riesgo y exposición para la población. También, la consideración de metodologías fue de suma importancia para identificar las variables más importantes a considerar dentro del mapa de riesgos final.

A continuación, se presentan de forma detallada los hallazgos encontrados por zona, esto incluye la interrelación de los elementos físicos y sociales, así como las discrepancias encontradas. Es necesario destacar que dentro de esta evaluación no se consideró la población flotante debido a la inconsistencia de los datos disponibles en dependencias del gobierno y al limitado acceso a la información.

Los hallazgos por zona son discutidos a lo largo de este apartado con apoyo del **Mapa 13**:

❖ **ZONA I.** – esta zona corresponde a la Alcaldía Cuajimalpa de Morelos en la parte SW del polígono, se encuentran lugares como el Parque de la Mexicana, el Centro Comercial Santa Fe, el relleno sanitario Prados de la Montaña y otros edificios representativos de empresas dedicadas a la industria tecnológica e inmobiliaria.

Inicialmente, al ser una zona limítrofe dentro de la Ciudad de México, tiene una regulación distinta en materia de rellenos sanitarios y sitios de disposición final, debido a que el relleno encontrado es un espacio regulado por normas mexicanas como NOM-

083-SEMARNAT-2003 y la NOM-083-ECOL-1996 (por mencionar algunas), asimismo de regulaciones municipales que establecen un manejo óptimo y seguro del relleno sanitario, esto quiere que decir que el relleno no representa una amenaza latente a la población en cuanto a explosión, pero sí en cuestiones medioambientales por los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera.

Por su parte, otros factores como el deslizamiento de ladera y la mecánica de suelos impactan de manera diferenciada dentro de esta área, esto a causa de que gran parte de las edificaciones encontradas a través de recorridos en campo responden a las planicies del suelo durante los procesos de construcción. Sin embargo, al considerar la mecánica de suelos como fuerza principal en el estrato, se observa que gran parte de la zona al estar compuesta por derrames piroclásticos y ceniza volcánica (derivada de procesos eruptivos del Volcán Xitle aunado a los cimientos estructurales que provocan una tendencia del suelo a procesos de licuación) aumenta en gran manera la subsidencia del mismo.

Asimismo, es importante considerar la antigua presencia de minas en las zonas y los diferentes fallamientos con direcciones SE a NW, que aumentan de manera paulatina la tendencia de edificios a hundimientos. Por otro lado, desde un marco social y económico, las manzanas más vulnerables corresponden a la gran cantidad de personas que habitan esos puntos principalmente, esto quiere decir que las manzanas marcadas con gradientes de vulnerabilidad *muy alto* concentran más población dentro de todo el polígono. Así pues, se evidencia el polígono donde se encuentra el Parque de la Mexicana con color rojo, que tiene una correspondencia directa con factores de vulnerabilidad ambiental.

- ❖ **ZONA II.** – esta área ubicada en la zona limítrofe del polígono con el Estado de México concentra la mayor cantidad de manzanas que anteriormente eran minas de extracción de materiales en la zona de estudio, es importante mencionar que la ZONA II está dividida por la Autopista México–Marquesa, la cual es una variable de gran importancia dentro de la zona, ya que la vialidad según cifras de la Guardia Nacional de Carreteras para el 2019 presenta que se realizan 50 viajes aproximadamente por minuto (esto al considerar la caseta como punto de partida), lo cual habla de un flujo considerable en días festivos o fines de semana debido al aumento de viajes. Esto quiere decir que puede considerarse como una zona irregular estratigráficamente, por el alto aforo vehicular y la inestabilidad del suelo a consecuencia de la minería.

Por su parte, la vulnerabilidad arroja solo un polígono de interés categorizado con gradiente *bajo* que se asocia directamente con vulnerabilidad social, pues gran parte de los sectores de población que componen esta manzana son niños menores de 15 años y adultos mayores. La relación establecida responde en la misma forma al uso de suelo habitacional que constituye gran parte del polígono.

- ❖ **ZONA III.** – esta es una de las zonas más problemáticas y de intensidad según los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. Inicialmente, desde una perspectiva de vulnerabilidad la zona concentra una gran cantidad de población dentro de espacios muy reducidos, es decir, gran parte de esta zona está sobrepoblada con aproximadamente 25 personas por m², a simple vista esta cifra no es alarmante en comparación con otras zonas sobrepobladas de la Ciudad de México. No obstante, al considerar la zona de estudio como un caso particular se encuentran estadísticamente de 2 a 4 personas por m², lo cual en comparación con la cifra anterior si genera condiciones de atención dentro de la zona, esto aunado a la evidente variación de la pendiente que en algunos casos se observa mayor a 18° de inclinación en las zonas más accidentadas.

También es de suma importancia resaltar la presencia de una zona de disposición final datada de los años 70's, la cual actualmente se encuentra expuesta del suelo, esto provoca situaciones ambientales problemáticas que condicionan y alteran la estructura del suelo.

- ❖ **ZONA IV.** – esta zona se ubica en la zona central del polígono de estudio. Concentra gran parte de las problemáticas asociadas al biogás como riesgo latente, ya que anteriormente el uso de Alameda Poniente como sitio de disposición final aumentó en forma considerable la producción de gases de efecto invernadero, esto a consecuencia de la actual exposición del sitio en segmentos de la Av. Vasco de Quiroga. De igual forma la antigua presencia de minas genera una inestabilidad del suelo interesante, pues gran parte de los edificios corporativos y plazas presentes hoy en día se relacionan directamente con las manzanas amenazadas

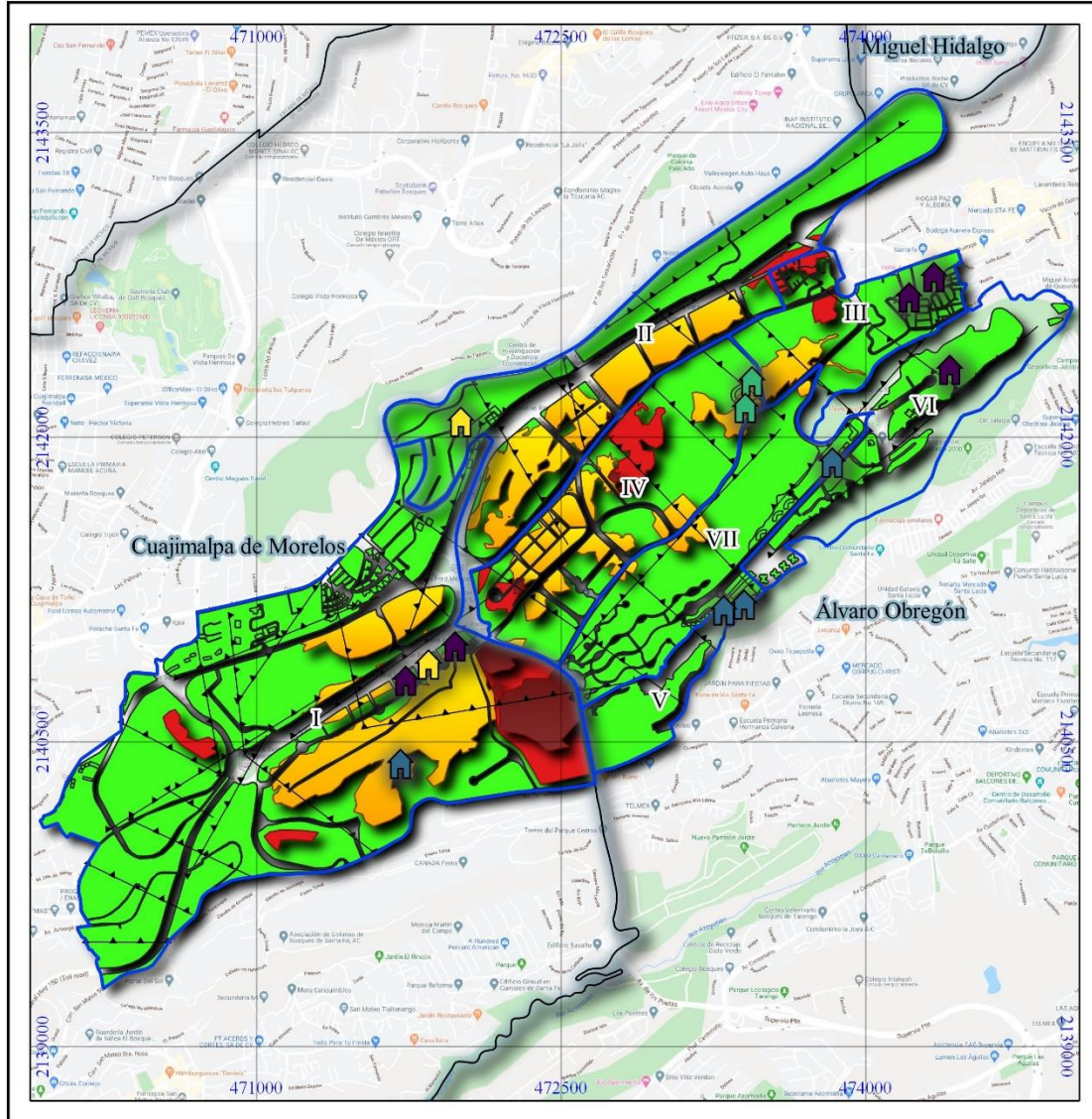
Es importante resaltar que dentro de la investigación se desconoce el tipo de configuración del suelo en cuanto a la estructura subterránea de los edificios presentes, por lo cual las zonas solo se presentan en relación a las variables físicas consideradas y

su relación con los antiguos sitios de disposición final, lo cual aumentaría o disminuiría el riesgo en dado caso de considerarlo como factor dependiente dentro de la investigación.

Por otro lado, la relación establecida con la población es casi nula, ya que los polígonos de manzana corresponden a usos de suelo de Subcentro urbano, Polígono de actuación y Servicios turísticos, por lo cual la ausencia de población residente es notable y evidentemente al no considerar las cifras de población flotante por lo cuestionable de sus datos se presenta una zona de vulnerabilidad media o baja.

- ❖ **ZONA V.** – esta zona desde una perspectiva de amenazas tiene un gran impacto de las continuas emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del relleno sanitario Prados de la Montaña, de igual forma, al considerar la susceptibilidad de ladera con los valores de pendiente más altos no representa riesgo alguno, esto debido a la categorización de uso de suelo de Equipamiento que presenta, la cual dota al área de ser usada como estacionamiento o áreas verdes no recreativas. Por lo tanto, esta zona no es considerada como zona vulnerable o de riesgo por su casi nula relación con la población de Ciudad Santa Fe.
- ❖ **ZONA VI.** – esta zona presenta una estrecha relación con la susceptibilidad del suelo y los fallamientos presentes en la zona. En este caso el asentamiento se encuentra en la planicie del polígono y tiene un arreglo de asentamiento irregular, pero en caso de emergencia las medidas de mitigación deben ser tomadas en cuenta para futuros diseños urbanos, pues la población solo cuenta con una vía de acceso que conecta con Alameda Poniente.
- ❖ **ZONA VII.** – la población que presenta es casi nula, de igual forma los asentamientos se ubican en planicies regulares y zonas estables. Sin embargo, al establecer la relación de la inestabilidad del suelo por la presencia de laderas a lo largo del polígono, se observa una amenaza latente por la presencia de fallamientos y zonas de hundimiento constante. De igual manera es importante mencionar la relación del polígono con el relleno sanitario Prados de la Montaña y las condiciones ambientales adversas que afectan de forma directa a los estudiantes del Tecnológico de Monterrey (ubicado en el polígono), así como a los residentes que habitan en predios aledaños a la Av. Carlos Lazo, la cual conecta directamente con la Supervía Poniente.

Riesgos relacionados con biogás 2019. Ciudad Santa Fe.



Simbología

UVA's	Gradiente de vulnerabilidad
Fallamientos	Bajo
Riesgo total	Medio
Muy alto	Alto
Alto	Muy alto
Medio	
Bajo	

ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Proyección: UTM Cuadrícula: 1200m
 Zona: 14 Meridiano Central: 99°
 Datum: WGS 84
 Elaboró: García Saldaña Alfonso Gilberto
Escala 1: 26 000

0 600 1200 m



Mapa 13. Riesgos relacionados con biogás 2019. Ciudad Santa Fe

Con la finalidad de representar los hallazgos encontrados de forma espacial, se opta por concentrar la información por medio de un análisis de riesgo en un mapa, este hace referencia a la estimación de consecuencias ocasionadas por la manifestación de escenarios de desastre en un espacio determinado y a la magnitud de los daños (Renda, 2017). No obstante, en este caso la concentración comprende las manzanas con mayor amenaza física y los puntos de mayor vulnerabilidad, de igual manera, se espera que esta herramienta funcione a los usuarios para identificar si se encuentran dentro de una zona de riesgo, o bien, a las dependencias correspondientes.

El objeto de estudio del mapa de riesgos establece la identificación de afectaciones y amenazas presentes en un espacio, en este caso al considerar una zonificación de riesgo por biogás dentro de zonas urbanas, se plantea el uso de una escala de 1:26 000 en el mapa, esto con la finalidad de establecer zonas de riesgo más focalizadas y hacer un estudio confiable.

Uno de los hallazgos más importantes dentro del **Mapa 13** es la correlación encontrada entre las zonas más concurridas, las mayor habitadas y su correspondencia con las vialidades más importantes dentro de la zona de estudio. Esto manifiesta que en caso de ocurrencia de situaciones de riesgo la población expuesta flotante es mayor por el uso de algunas vialidades como conexiones de la ciudad con áreas verdes turísticas del estado vecino, al mismo tiempo, se observa una relación total con las vialidades principales de la zona de estudio, las cuales aumentan de manera progresiva la cantidad de población dentro del polígono en diferentes horarios del día. Además, el crecimiento paulatino de las periferias aumenta en mayor medida.

Lo expuesto anteriormente en este trabajo permite arribar al siguiente análisis:

En cuanto a la zonificación de riesgos por condensación de biogás en relación a variables del medio físico y social de estudio.

La delimitación de Unidades de Valorización Ambiental plantea la identificación acertada de los elementos bajo estudio y las condiciones óptimas dentro de la zona para el mejor manejo de conceptos teóricos y metodológicos. Este método de zonificación facilita y concentra de manera conjunta el manejo de datos ambientales con situaciones de amenaza y vulnerabilidad para identificar el riesgo.

Por tanto, la identificación de factores de riesgo se remite a la consideración de las características físicas y sociales de la zona estudiada, ya que el estudio de riesgo es casi

holístico y variable, con esto se hace referencia a la implementación de otras disciplinas (como Ingeniería Civil, Arquitectura, Derecho, Urbanismo, entre otras) para identificar focalmente todos los elementos considerables y obtener un resultado más certero en cuanto al manejo de riesgos.

De la interacción metodológica amenaza–riesgos y variables ambientales.

El ser humano se ha considerado desde siempre un eterno modelador de la tierra para facilitar su supervivencia, dentro de este proceso de interacción hombre–naturaleza se eximen los elementos ajenos a la realidad del individuo que podrían alterar su cotidianidad de forma permanente. En este caso se hace referencia a la manifestación de catástrofes y su posible aumento si se relacionan con condiciones ambientales antrópicas, las cuales dificultan el manejo y mitigación de situaciones de riesgo pues los ciclos naturales de manifestaciones de dicha índole se intensifican y por consecuente afectan en mayor medida.

Dentro del manejo de amenazas se concentra la atención en situaciones resultantes del mal manejo y control de un espacio en particular, en este caso, con manejo se hace referencia a la normatividad de suelos correspondiente que especifique de manera puntual el suelo apto para la construcción de edificios o corporativos, tales como los que se encuentran en Ciudad Santa Fe. De igual forma, las características iniciales del suelo al sufrir cambios constantes generan el aumento de fallamientos, socavones, o deslizamientos que repercuten directamente con la población residente y circundante, ya que esta zona tiene vialidades que sirven como conexión entre lugares importantes dentro del área metropolitana.

El mapa de riesgos como herramienta de concentración de variables bajo estudio.

Finalmente, la conducción de metodologías relacionadas con riesgo dentro del marco amenaza–vulnerabilidad dota al estudio de herramientas para sustentar la información y resultados obtenidos, los cuales establecen a Ciudad Santa Fe como una zona de riesgo sanitario o ambiental (en mayor manera), que no sólo representa el aumento considerable de gases contaminantes, sino que además involucra la mecánica de suelos como proceso condicionante del establecimiento de nuevas edificaciones dentro del polígono.

También se resalta la redirección del proyecto a un área no solo sanitaria, ya que este estudio concierne a estudiosos del medio ambiental y aumenta de forma considerable (por la

escala utilizada) el manejo de los resultados para trabajos posteriores, esto debido al uso del mapa como una herramienta que concentra la información de una o varias disciplinas y las representa de manera espacial en un papel.

Conclusiones

El presente proyecto circula entorno a una propuesta de análisis de zonificación de riesgos geoquímicos relacionados con la acumulación de biogás. La estrecha relación entre variable de corte ambiental con metodologías de riesgo establecidas constituye un aporte generalizado del riesgo en el ámbito académico y da pie a posteriores estudios dentro de la zona. Si bien, es importante mencionar que gran parte de los estudios que forman parte de la bibliografía consultada de este proyecto respecto a la zona de estudio y áreas aledañas a la misma hacen referencia a procesos de remoción en masa o son meramente geológicos, por lo cual este trabajo es una contribución importante para el atlas de riesgo de Álvaro Obregón debido a que evidencia que existen otros tipos de riesgos asociados a la acumulación histórica de biogás y a la escala de trabajo precisada en la cartografía presentada.

Dos aspectos deben ser precisados dentro de este apartado. Primero, el manejo de metodologías ajenas a la disciplina geográfica involucra una aportación extra al desarrollo de temáticas poco desarrolladas dentro de posturas físico–sociales, de igual forma la consideración de diferentes factores para ampliar el estudio facilita y dificulta el estudio *per se*, ya que la información disponible involucra formatos de manejo diferentes y de temporalidades dispersas. Segundo, el manejo de información en diferentes formatos de estudio dificulta el resultado, esto si se considera de manera puntual la escasa información respecto al tema y la tendencia de estudios de riesgo hacía las líneas geomorfológica, meteorológica o sísmica.

Por otro lado, a lo largo de este proyecto se precisa una fórmula de evaluación de riesgos que involucra la consideración de la resiliencia urbana dentro de la misma, en este caso particular relacionado a Ciudad Santa Fe, la variable constituye un estudio amplio para su comprobación cuantitativa y cualitativa, sin embargo, con los datos obtenidos en cuanto al sector económico inmobiliario sobre la conducción del mismo en la zona, evidencian una

capacidad de respuesta alta a factores de riesgo, o bien, un conocimiento amplio respecto a los riesgos presentes en la zona, esto se concluye a partir de los diferentes eventos ocurridos con deslizamientos de ladera atendidos dentro del área, esto conlleva a deducir que la atención ante la manifestación de un riesgo geoquímico como la concentración de biogás será rápida.

Como se plantea anteriormente, se cumplen los objetivos desde una base teórico–metodológica a partir de la descripción, identificación, comparación y representación de los elementos involucrados. También es importante el establecimiento de una base de carácter metodológico facilitó el cumplimiento de los objetivos y la comprensión de la información que fue generada dentro de la investigación.

La comprobación de la hipótesis se verifica dentro de los resultados, ya que los elementos ambientales, geomorfológicos y urbanísticos son determinantes para la creación de riesgos relacionados con biogás y que efectivamente existen riesgos geoquímicos en la zona. Asimismo, la ejecución de metodologías alternas al estudio complementa la investigación, no obstante, a pesar de dicha verificación no se establecen fechas puntuales de ocurrencia, ya que el presente proyecto solo denota de forma generalizada los riesgos presentes, los cuales además son variables e impredecibles.

Por último, se espera que este proyecto funcione como punto de partida para el estudio de riesgos geoquímicos no solo en zonas urbanas como plantea este estudio, sino en espacios rurales los cuales tienen diferentes medidas de gestión y aprovechamiento del gas, a diferencia del ámbito urbano, los cuales están condicionados por la interacción de elementos del medio físico y el relieve resultante de la interacción del hombre, que aunados a factores secundarios crean espacios de riesgo identificados en la actualidad.

Referencias

- Arvizu F., J., & Saldaña M., J. (2005). *Central Eléctrica de Biogás de Bioenergía de Nuevo León*. Nuevo León, México: SEGOB.
- Barreto, M. (2010). *El concepto de “hábitat digno” como meta de una política integral de áreas urbanas deficitarias críticas, para la integración social desde los derechos humanos*. Revista INVI.
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo*. Barcelona: Paidós.
- Berglund, B., Lindval, T., & Schwela, D. (1999). *Guidelines for community noise*. Londres: Organización Mundial de la Salud.
- Bertrand, C. &. (2007). *Geografía del medio ambiente : el sistema GTP : geosistema, territorio y paisaje*. (F. R. Martínez, Trad.) Granada, España: Universidad de Granada.
- Bonilla Rodríguez, R. (2014). *Urbanización rural y economía agrícola de sobrevivencia en la Delegación Milpa Alta*. Ciudad De Mexico: Argumentos. Recuperado el Mayo de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952014000100008&lng=es&tlng=es.
- Calvo García-Tornel, F. (1984). *La Geografía de los Riesgos*. Barcelona, España: GEO crítica.
- Capitanachi Moreno, C., Utrera Barillas, E., & B. Smith, C. (2001). *Unidades Ambientales Urbanas: bases metodológicas para la comprensión integrada del espacio urbano*. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. Sistema de Investigaciones del Golfo de México (CONACYT).
- CENAPRED. (2001). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos y desastres en México*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2008). *Inestabilidad de laderas*. Ciudad de México: SEGOB. Recuperado el 20 de 08 de 2019
- CENAPRED. (2018). *La resiliencia en la gestión integral del riesgo*. Ciudad de México: SEGOB.

- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Lima, Perú: Dirección General de Procesos (DGP), Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL).
- Checkland, P. (1981). La metodología de Checkland. En *Systems Thinking, Systems Practice* (págs. 89-120). Chichester: Wiley.
- Colmenares Mayanga, W., & Santos Bonilla, K. (2007). *Generación y manejo de gases en sitios de disposición final*. IngenieríaQuímica.org. Recuperado el 27 de 03 de 2019, de <http://www.ingenieriaquimica.org/system/files/relleno-sanitario.pdf>
- Colmenares Mayanga, W., & Santos Bonilla, K. (2007a). *Generación y manejo de gases en sitios de disposición final*. Ingenieríaquímica.org. Recuperado el 20 de 12 de 2020, de http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario
- CONEVAL. (Marzo de 2012). *Rezago social a nivel zonas urbanas (AGEB URBANAS)*. Recuperado el 04 de Julio de 2019, de Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social: https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Rezago_social_AGEB_2010.aspx
- DOF. (1995). *ACUERDO por el que se aprueba la normatividad para la zona especial de desarrollo controlado de Santa Fe, delegaciones Alvaro Obregón y Cuajimalpa*. Ciudad de México: SEGOB.
- Douglass, M. (1996). *La aceptibilidad del riesgo según las ciencias sociales*. Barcelona: Paidós.
- Ducci, M. (2012). *Conceptos básicos de urbanismo*. Trillas. Recuperado el 04 de Julio de 2019`
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. (2016). Geomecánica para ingenieros. En G. Duque Escobar, *Origen, formación y construcción del suelo, Fisicoquímica de las arcillas* (pág. 28). Bogotá, Colombia: Galeon.
- FAO. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile: Ministerio de Energía.
- Flores Corona, L., López Bátiz, O., Pacheco Martínez, M., Reyna Salinas, C., & Rivera Varga, D. (2006). *Evaluación de la vulnerabilidad de la vivienda ante sismo y viento*. Ciudad de México: CENAPRED.
- I. Burton y R. Kates. (1964). *"The Perception of Natural Hazards in Resource Management"*. Chicago, University of Chicago: Resources Journal.
- INEGI. (2018). *Encuesta Origen - Destino 2018*. Comunicado social, Ciudad de México.
- INEGI, Gobierno del Estado de México, Gobierno de la Ciudad de México, & Instituto de Ingeniería UNAM. (2017). *EOD*. Ciudad de Mexico: SEGOB.

- Jiménez, L., Pérez, H., & Gascón, S. (2015a). *Óptima ubicación de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá empleando sistemas de información geográfica*. Antioquia, Colombia: Universidad de San Buenaventura.
- Jiménez, L., Pérez, H., & Gascón, S. (2015b). *Óptima ubicación de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá empleando sistemas de información geográfica*. Antioquia, Colombia: Universidad de San Buenaventura.
- Jordán López, A. (2006). *Manual de Edafología*. Sevilla, España: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- Lacoste, Y. (1982). "La Geografía". *En Historia de la Filosofía* (Tomo IV ed.). (F. Chatelet, Trad.) Madrid: Espasa - Calpe.
- López Sánchez, F., & Sámano Lechuga, H. (1996). *Clausura del relleno sanitario Prados de la Montaña: primera experiencia mexicana apegada a una rigurosa normatividad*. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. México: Aterros Sanitarios.
- Lugo Hubp, J., Zamorano Orozco, J., & Cordero Estrada, M. (1995). *Relieve, litología y riesgos en la zona urbana de la delegación Álvaro Obregón, Distrito Federal, México*. Ciudad de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.
- Maya Sixtos, G. (2015). *Cambios de uso del suelo en Ciudad Santa Fe, D.F. y su relación con el proceso de expansión urbana y los tiraderos a cielo abierto (1970 a 2007)*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- McNeill, J. R. (2005). *Naturaleza y cultura de la historia ambiental*. Bogotá, Colombia: NÓMADAS.
- Morales Gil, A., Olcina Cantos, J., & Rico Amorós, A. (2000). *Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección*. Alicante: Adapataciones Geograficas, no. 23.
- Olcina Campos, J., & Ayala Carcedo, F. J. (2000b). Riesgos Naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. En J. Olcina Campos, & F. J. Ayala Carcedo, *Riesgos Naturales* (págs. 52 - 60). Barcelona: Ariel S.A.
- Olcina Campos, J., & Ayala Carcedo, F. J. (2002a). Riesgos Naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. En F. J. Ayala-Carcedo, & J. Olcina Cantos, *Riesgos Naturales* (págs. 41-75). Barcelona: Ariel S. A.
- OUNP. (2010). *Gestión del Riesgo Urbano*. New York: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Pérez de Armiño, K. (2001). *Vulnerabilidad. Citado en Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo. Hegoa. (2001)*. País Vasco: Icaria Editorial.

- Rambaud Pérez, C. (2002). Subsistencia Minera. En F. Ayala-Carcedo, & J. Olcina Cantos, *Riesgos Naturales* (págs. 483 - 489). España: Ariel Ciencia.
- Renda, E. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. Buenos Aires, Argentina: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Robert, J., & Metzger, P. (2013). Enfoques de la vulnerabilidad urbana: entre geografía de los riesgos y geografía urbana. *Encuentro de Geógrafos de América Latina EGAL* (pág. 15). Lima, Perú: Instituto Fracés de Estudios Andinos.
- Romo Orozco, J., & Gómez Sánchez, A. (2012). *La percepción social del ruido como contaminante*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Ruiz Rivera, N. (2012a). *La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Ciudad de México.
- Ruiz Rivera, N. (2012b). *La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo*. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Investigaciones Geográficas, Ciudad de México.
- Sánchez, C. (18 de 06 de 2013). *El Universal*. Recuperado el 12 de 03 de 2019, de Santa Fe, Zona de Riesgo: <http://archivo.eluniversal.com.mx/notas/930418.html>
- SEDEMA. (2018). *Inventario de Emisiones de la Ciudad de México 2016*. Ciudad de México: Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Recuperado el 09 de Julio de 2019
- SEDUVI. (08 de 2009). *SEDUVI CiudadMX*. Obtenido de <http://ciudadmx.cdmx.gob.mx:8080/seduvi/>
- SEDUVI. (2012). *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*. Ciudad de México: Administración Pública del Distrito Federal.
- SEDUVI. (2012). *Programa Parcial de Desarrollo Urbano - Santa Fe*. Órgano de Difusión del Gobierno del Distrito Federal, Ciudad de México.
- SEGOB. (2016). *Guía de resiliencia urbana*. Ciudad de México: SEGOB.
- SEMARNAT. (2009). *Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial*. Distrito Federal: SEGOB.
- SMMS. (1976). *Memoria del Simposio*. México D.F.: Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.

- Tuan, Y. (1997). *Space and Place. The Perspective of experience*. Minneapolis, London: University of Minnesota Press.
- UrbiCAD. (2010). *Metodologías de evaluación de riesgos*. Obtenido de http://www.urbicad.com/mico/metodos_riesgos.htm
- Valenzuela, A. (2007). *Santa Fe (México): Megaproyectos para una ciudad dividida*. Ciudad de México: BIBLID [0210-5462 (2007-1); 40: 53-66].
- Vallado Fernández, R. (2015). *Contaduría UADY*. Recuperado el 22 de 10 de 2019, de Medición de la salud financiera de un empresa. Modelo de puntaje de Edward J. Altman: http://www.contaduria.uady.mx/files/material-clase/raul-vallado/FN03_modelodeAltmanparamercadosEmergentes.pdf

Anexos

Marco jurídico

Legislación relacionada con los rellenos sanitarios	
Legislación Federal	
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	<p>Art 115. Establece la prestación de servicios públicos por parte del municipio.</p> <p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</p> <p>Art 134. Prevención y control de la contaminación del suelo por residuos.</p> <p>Art 135. Ordenación urbana, servicio de limpia y sitios de disposición final.</p> <p>Art 137. Autorización del funcionamiento de sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.</p> <p>Art 138. Acuerdos para mejorar e implantar sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.</p> <p>Art 139. Contaminación por lixiviados.</p> <p>Art 141. Biodegradación de Residuos Sólidos Urbanos.</p>
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en lo que se refiere a la protección al ambiente, en materia de prevención y gestión de los residuos, y establece bases para: principios de valorización, responsabilidad compartida, manejo integral, criterios de gestión integral, mecanismos de coordinación entre entidades, mercado de subproductos, participación de la sociedad, creación de sistemas de información referentes a gestión de RSU y RME, prevención de la contaminación de sitios, fortalecimiento de la innovación tecnológica, establecimiento de medidas de control y seguridad, entre otras.
NOM-083-SEMARNAT-2003	Especifica la protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
NOM-083-ECOL-1996	<p>Los rellenos sanitarios deben cumplir con especificaciones en condiciones de destino, ubicaciones finales, hidrología y geología, estos factores son importantes pues se deben de tener en cuenta las condiciones ambientales a largo plazo.</p> <p><u>Capítulo 3.-</u> Especificaciones: se establecen ciertos condicionantes mínimos de ubicación que debe satisfacer un sitio para minimizar los riesgos sanitarios y</p>

	ambientales, así como el procedimiento a seguir para la toma de decisión en función del cumplimiento o no de la cadena de condicionantes que se especifican.
NOM-083-SEMARNAT-2003	<p>Los sitios destinados a contener los residuos sanitarios deben tener un diseño previo, normatividad en regla, monitoreo y clausura en caso de incumplimiento, es importante considerar un manejo especial de los residuos; elaborada dentro del marco de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la cual se integra de manera más completo.</p> <p><u>Capítulo 6.-</u> Especificaciones: para la selección del sitio se indican, al igual que en la norma NOM-083-ECOL-1996, los requisitos y restricciones generales para la ubicación del sitio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudios regionales y locales. - Estudio hidrológico sin llegar a la evaluación del potencial de contaminación.
Legislación estatal	
Ley de Residuos sólidos del Distrito Federal (2008).	<p><u>Capítulo 1.-</u> De las disposiciones complementarias.</p> <p>Art. 3. Además del manejo de residuos sólidos se tiene como finalidad:</p> <p style="padding-left: 40px;">I. Prevenir y reducir la generación de residuos sólidos y su nocividad humana y al medio ambiente.</p> <p style="padding-left: 40px;">VI. Asegurar la corresponsabilidad de toda persona ente público respecto de las afectaciones al medio ambiente o salud pública derivadas de la generación y manejo de los residuos sólidos.</p> <p>Reglamento de la Ley General de Protección Civil (2014).</p> <p><u>Capítulo 3.-</u> De la gestión integral de los Riesgos.</p> <p>Art. 6. La Gestión Integral de los Riesgos deberá contribuir al conocimiento integral del Riesgo para el desarrollo de las ideas y principios que perfilarán la toma de decisiones y, en general, las políticas públicas, estrategias y procedimientos encaminados a la reducción del mismo.</p> <p><u>Capítulo 7.-</u> Del análisis de los riesgos.</p> <p>Art. 110. El análisis de los riesgos es un método ordenado y sistemático para identificar y evaluar los daños que pudieran resultar de los Riesgos y Peligros naturales y antropogénicos, así como las vulnerabilidades de construcciones, edificaciones, infraestructura o asentamientos humanos, dentro del predio en estudio, en el entorno próximo y en su cuenca.</p>
Ley Estatal de Prevención y Gestión Integral de Residuos.	Puede o no existir de la entidad en cuestión.
Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	Puede o no existir de la entidad en cuestión.

Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	Puede o no existir de la entidad en cuestión.
Legislación municipal.	
Bando Municipal.	Por lo general, los bandos municipales consideran una pequeña fracción referente al servicio de limpia, ya sea en los capítulos de Ecología o Servicios Públicos.
Reglamento del Servicio de Limpia Municipal.	Puede o no existir de la entidad en cuestión.
Ordenamientos municipales	Puede o no existir de la entidad en cuestión.
Normas Mexicanas.	Estas NMX tienen el objetivo de estandarizar los procedimientos relacionados con los estudios de caracterización de los residuos sólidos, que por lo general se solicitan como parte de los proyectos de ingeniería. No son de observancia obligatoria. NMX-AA-15-1985 Muestreo – Método de cuarteo. NMX-AA-61-1985 Determinación de la generación. NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos. NMX-AA-19-1985 Determinación del peso volumétrico “in situ”.

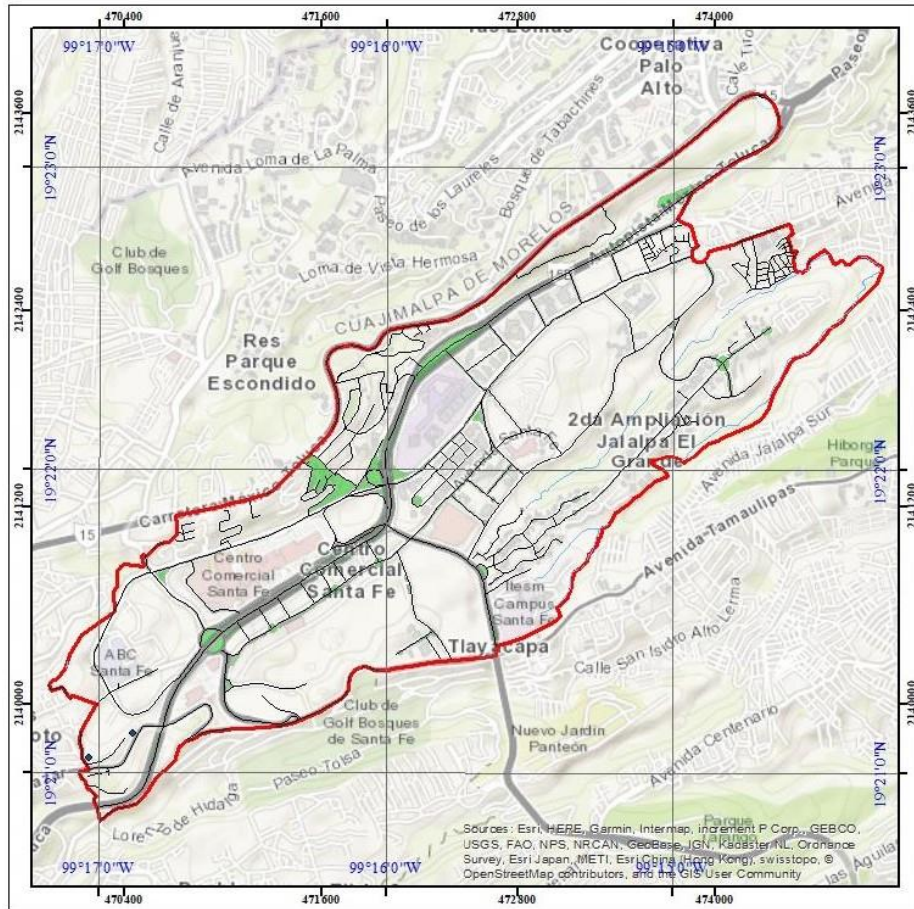
Documento de apoyo en campo para evaluación ambiental



Universidad Nacional Autónoma de México – Colegio de Geografía
ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR CONDENSACIÓN DE BIOGÁS EN CIUDAD,
SANTA FE Y SU POSIBLE EXPLOSIÓN
FORMATO DE CAMPO



Entrevistador										
Fecha										
Zona de estudio										
GEOSISTEMA <i>Identifica todas las actividades antrópicas que tengan un efecto sobre la zona de estudio (actividades económicas, tipo de uso de suelo, compra y venta de inmuebles, oferta educativa, espacios recreativos y de entretenimiento.</i>										
APROXIMACIÓN SUBJETIVA <i>Identifica cualquier tipo de problemática asociada a la alteración del entorno urbano y valora según tu percepción del 1 al 10 en función del nivel de afectación, después asigna una marca a cada problemática y posteriormente ubícala espacialmente en el mapa de la siguiente hoja</i>										
Problemática	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



FODA
Identifica lo que se requiere en función de tu visita a campo y desde tu percepción socio – espacial de la zona

Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Amenazas

LISTA DE CONTROL.				
<i>Rellena los espacios requeridos en función de tu percepción del medio considerando tu visita a campo</i>				
Tema	Si	Tal ves	No	Comentarios
Formas del terreno. ¿Produce el relleno sanitario...				
Cambios en la forma del terreno?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dinámica de la pendiente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mecánica de suelos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Fallamientos o fracturas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pérdida de la estructura estratigráfica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Encharcamientos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Suelos que impidan el uso comercial a largo plazo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inundaciones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Microclima. ¿Produce el relleno sanitario...				
Emisiones de contaminantes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Alteración del microclima?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pérdida de la cobertura vegetal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contingencias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enfermedades respiratorias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enfermedades crónicas por exposición a contaminantes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lluvia ácida?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Islas de calor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Agua. ¿Produce el relleno sanitario...				
Afectación al manto freático?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambios en la dirección del drenaje?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mala calidad del agua?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambio del curso natural del agua?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contaminación de la reserva pública de agua?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Posibles inundaciones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Desertificación del recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Residuos sólidos. ¿Produce el relleno sanitario...				
Malos olores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enfermedades?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Manejo adecuado de la basura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cumplimiento de normativas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Recolección de basura adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Basura en la calles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Fecalismo canino?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Grandes volúmenes de basura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Talleres de separación de basura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contaminación auditiva ¿Produce el relleno sanitario...				
Aumento en los niveles sonoros?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Personas sujetas a ruidos elevados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Situaciones relacionadas con el estrés?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Uso de suelo ¿Produce el relleno sanitario...				
Alteración de los usos de suelos actuales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Impacto en las áreas verdes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambios en las políticas de suelo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Disminución de la renta habitacional?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aumento en los costes de predios?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Disponibilidad de predios para compra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Recursos naturales ¿Produce el relleno sanitario...				
Saturación del servicio de agua?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Saturación del servicio de luz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Saturación del servicio de gas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Energía ¿Produce el relleno sanitario...				
Podrá generar energía sustentable?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aumentará la demanda de gas para su mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aumentará la demanda de luz para su mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transporte y tráfico ¿Produce el relleno sanitario...				
Saturación de vialidades?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Necesidad de más estacionamientos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Impacto en el sistema colectivo de transporte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Construcción de carreteras nuevas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Infraestructura ¿Produce el relleno sanitario...				
Demanda de los sistemas de comunicación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Demanda de los sistemas de saneamiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Población ¿Produce el relleno sanitario...				
Abandono de la población de la zona?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aumento de la población de la zona?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Riesgo de accidentes ¿Produce el relleno sanitario...				
Implicará un riesgo de explosión o escapes de sustancias peligrosas tóxicas para la salud?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Economía ¿Produce el relleno sanitario...				
Tendrá una consecuencia adversa en la economías (turismo, servicios, comercialización de productos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	